

Распространенность грибной инфекции на семенах озимой пшеницы в условиях Среднего Поволжья

М. Н. Кинчарова¹✉, А. И. Кинчаров¹, М. Р. Абдряев¹

¹ Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова – филиал Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Кинель, Россия

✉ E-mail: potatolab@mail.ru

Аннотация. Цель работы – исследовать состав патогенной микрофлоры, ассоциированной с семенами озимой мягкой пшеницы, полученными в условиях Самарской области. **Методология и методы исследования.** В лаборатории инновационных технологий в селекции, семеноводстве и семеноведении исследованы семена 10 сортов и линий конкурсного сортоиспытания лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН, расположенного в центральной почвенно-климатической зоне Самарской области. Заселенность семян патогенными грибами определяли методом рулонов по методике ГОСТ 12044-93 и последующим микроскопированием. **Результаты.** Диагностика, анализ погодных условий, научные познания причин возникновения болезни и особенности развития патогена являются важными факторами успешного проведения защитных и профилактических мер как в отношении распространенных болезней, так и в отношении новых форм, мало распространенных в регионе на данном этапе. В результате изучения, проведенного нами в 2019–2020 гг., выявлена высокая степень зараженности семян грибами на естественном инфекционном фоне (без протравливания). Доминирующими на семенах изученных образцов озимой мягкой пшеницы за три года исследований являются грибы: *Alternaria sp.* (с процентной частотой встречаемости от 0,5 до 35,0 % и относительной распространенностью от 0,7 % до 56,5 %, *Fusarium sp.* (с процентной частотой встречаемости от 2 до 45,5 %, и относительной распространенностью от 4,1 % до 67,4 % соответственно) и группа грибов, вызывающих плесневение семян (*Cladosporium sp.*, *Mucor sp.*, *Penicillium sp.* и др.). Различия в частоте встречаемости определенного гриба и вида, обнаруживаемых на семенах озимой мягкой пшеницы в разные годы, свидетельствуют о высокой зависимости показателей от количества выпавших осадков, относительной влажности воздуха и температурных условий вегетационного периода. **Научная новизна.** Проведена фитопатологическая оценка семян применительно к условиям Самарской области и установлен патогенный комплекс грибов, ассоциированный с семенами озимой пшеницы.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, грибы, семенная инфекция, патоген, процентная частота встречаемости, относительная распространенность.

Для цитирования: Кинчарова М. Н., Кинчаров А. И., Абдряев М. Р. Распространенность грибной инфекции на семенах озимой пшеницы в условиях Среднего Поволжья // Аграрный вестник Урала. 2022. № 12 (227). С. 11–22. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-227-12-11-22.

Дата поступления статьи: 09.09.2022, **дата рецензирования:** 08.10.22, **дата принятия:** 10.10.22.

Постановка проблемы (Introduction)

Получение высокого урожая любой сельскохозяйственной культуры в первую очередь зависит от использования качественных и здоровых семян. В семенах заложена генетическая программа дальнейшего развития растения, его биологические требования к агроэкологическим ресурсам в период прорастания семян и последующего формирования всходов [1, с. 37]. Следует отметить, что здоровье и качество семян определяются не только генети-

ческими особенностями сорта, но и условиями формирования семенного материала в период вегетации растений, в том числе и уровнем развития болезней и вредителей в посевах. Необходимо констатировать, что в последнее время сельскохозяйственные культуры все чаще страдают от различных болезней, в том числе и грибного происхождения, среди которых часто наблюдаются и мало распространенные в регионе виды. В зависимости от складывающихся абиотических и биотических

условий в агроценозе как в течение одного вегетационного периода, так и в различные годы заболевания на растениях могут развиваться одновременно или последовательно друг за другом, приводя к нарушению процесса формирования урожая. При этом переход на энерго- и ресурсосберегающие технологии выращивания культур, связанные с отказом от вспашки, приводит к усугублению данного процесса путем накопления в верхних слоях почвы растительных остатков, способствующих большему развитию фитопатогенной инфекции, которая в том числе аккумулируется и на формирующихся семенах. Как показывают исследования, научный подбор фунгицидов и качественное протравливание семян при этом обеспечивают надежную защиту растений от возбудителей болезней в основном до фазы кущения. А дальше растения остаются незащищенными и заражаются фитопатогенной инфекцией, присутствующей на поверхности почвы и растительных остатках. Поэтому, несмотря на то что хозяйства постоянно проводят протравливание семян, фитосанитарная обстановка на полях в период вегетации остается весьма сложной [2, с. 2] и даже усугубляется при наложении неблагоприятных погодных факторов. Необходимо также учитывать и то, что семенное зерно состоит в основном из крахмала, белка и небольшой доли жира, что делает его идеальной питательной средой для патогенов, передающихся семенами. Практически 60 % бактериальных и грибных патогенов способны передаваться через семена, а использование на посев зараженных семян будет способствовать передаче болезней вегетирующим растениям, создавая новые очаги инфекции в поле. Согласно литературным данным, семена являются одним из основных постоянных источников накопления и сохранения инфекции зерновых культур [3, с. 6].

Качество семян и посевного материала в значительной степени определяется их всхожестью, энергией прорастания, жизнеспособностью проростков, посевной годностью и рядом других показателей. Необходимо отметить, что в полевых условиях любая инфекция в той или иной мере нарушает биохимические процессы в растениях и приводит к частичной гибели растений, особенно в первой половине вегетации, что в итоге скажется на урожайности и качестве продукции [4, с. 237]. Некоторые сапротрофные грибы (*Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Cladosporium* и другие) при определенных почвенно-климатических условиях формирования фитоценоза могут переходить к паразитированию и частично или полностью изменять физические свойства и химический состав зерна. В то же время необходимо учитывать, что они, как и паразитные грибы, способны причинять значительный ущерб и во время хранения зерна, снижая его качество, а иногда вызывая полную гибель и порчу.

Потери урожая зерна при сплошном заселении колоса даже сапротрофными организмами могут составлять 80 %, при частичном – до 32 %. К тому же сильное развитие грибов и образование продуктов их жизнедеятельности может сделать зерно токсичным [5, с. 81; 6, р. 7].

Не зараженные патогенами семена имеют большое значение для получения качественных, дружных всходов и дальнейшего формирования здоровой популяции растений. Ранняя диагностика патогенов, переносимых семенами, необходима для своевременного лечения заболеваний и профилактики эпифитотий. Также важно провести исследование здоровья семян, чтобы предотвратить распространение многих болезней, переносимых семенами, на новые территории [7, р. 31]. Своевременная и специализированная диагностика, знание причин возникновения болезни, особенности развития того или иного патогена на сортовом уровне являются фундаментом успешного проведения защитных и профилактических мероприятий в сортовых технологиях [8, с. 108; 9, с. 2; 10, р. 185]. Поэтому одним из способов достижения стабильных и высоких урожаев является использование высококачественного, сертифицированного посевного материала, свободного от патогенных и плесневых грибов. Качественные семена лучших районированных сортов – это основа будущего урожая [11, р. 1].

Семенные грибные инфекции являются одной из наиболее важных биотических проблем в семеноводстве во всем мире. Они ответственны как за предшествующую, так и за последующую гибель зерен, влияют на энергию прорастания и, таким образом, вызывают снижение всхожести, а также изменения в развитии растений [12, р. 314; 13, р. 200]. Виды грибов, такие как *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* и *Alternaria*, являются основными загрязнителями зерновых злаков. Из большого количества патогенов растений, передающихся семенами, грибы являются наиболее опасными и вредными для зерновой промышленности даже по сравнению с бактериями и нематодами [14, р. 505; 15, р. 6292] и вторыми по вредности для зерна пшеницы после насекомых [16, р. 4328].

Многими исследователями, изучавшими микофлору пшеницы, которая может передаваться семенами, выделялись в различных регионах следующие виды: *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium moniliforme*, *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. nivale*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. sporotrichioides*, *Cladosporium herbarum*, *Stemphylium botryosum* [7, р. 32; 17, р. 451; 18, р. 499]; также довольно часто из семян пшеницы выявлялись *Absidia sp.*, *Aspergillus sp.*, *A. candidus*, *A. flavus*, *A. niger*, *A. sulphureus*, *Chaetomium globosum*, *Cephalosporium sp.*, *Curvularia lunata*, *Drechslera halodes*, *D. hawaiiensis*, *D. tetramera*, *F. oxysporum*, *F. pallidoroseum*,

F. subglutinans, *Penicillium* sp., *Rhizoctonia solani* и *Rhizopus* sp. [19, p. 187], *Stemphylium*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Gonatotryps* и *Nigrospora* [15, p. 6293].

Поэтому до посева семена пшеницы и других культур должны быть исследованы на наличие патогенной микофлоры для принятия решения о целесообразности высева семян в случае сильного заражения для предотвращения дальнейшей потери урожая и качества продукции. Поскольку в долгосрочной перспективе семена являются факторами хорошего урожая, они должны быть всесторонне изучены [20, p. 288], в том числе и с целью получения экологически чистой продукции, поиска источников устойчивости и устойчивых к различным заболеваниям перспективных и продуктивных сортов [21, p. 559; 22, p. 1019].

Для понимания статуса грибных патогенов, передающихся через семена и заражающих пшеницу, местным сельхозпроизводителям необходима информация о степени их распространения для эффективного применения методов борьбы. Поэтому цель данного исследования – выявить и изучить микофлору, ассоциированную с семенами сортов и линий озимой мягкой пшеницы селекции Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН, для дальнейшего повышения их фитосанитарных и посевных качеств с целью оптимизации технологии возделывания культуры в лесостепи Среднего Поволжья.

Методология и методы исследования (Methods)

Работа проводилась в лаборатории инновационных технологий в селекции, семеноводстве и семеноведении и лаборатории озимой пшеницы Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН. В качестве объекта изучения использовался семенной материал 10 сортов и линий озимой мягкой пшеницы собственной селекции урожая 2018–2020 гг., выращенных на естественном инфекционном фоне, без применения предпосевной обработки семян протравителями. Для установления зараженности семян зерна озимой пшеницы анализ проводили по ГОСТ 12044-93¹ методом рулонов. Первичная идентификация грибов, выросших на семенах пшеницы, проводилась на основе их типичных характеристик колоний и конидиальной морфологии в соответствии с методиками Пидопличко [23] и Билай [24] при прямом исследовании материала с помощью стереомикроскопа Olympus SZ51 и микроскопа отраженного света Nikon Eclipse E200.

После инкубации в течение 7 дней при 24 ± 2 °C грибы, сформировавшие спороношение на поверхности семян, идентифицировали и рассчитывали их процентную частоту (PF) встречаемости и отно-

сительную распространенность (RA) по формулам Naqvi et al. [25, p. 108] и Adhikari et al. [7, p. 32]:

$$PF = (\text{количество семян, на которых появился гриб}) / \text{общее число семян} \times 100.$$

$$RA = (\text{количество семян, пораженных конкретным грибом}) / (\text{общее число семян, пораженных грибами}) \times 100.$$

Результаты (Results)

Результаты исследования показали, что все проанализированные образцы озимой мягкой пшеницы, выращенные в условиях изучаемых лет, были в той или иной степени заражены грибным патогенным комплексом, включающим как сапрофитные, так и паразитные виды (таблица 1). Согласно полученным данным, зараженность семян существенно различается в зависимости от сорта и погодных условий года формирования урожая. Лучшим состоянием здоровья и меньшей заселенностью отличались семена урожая 2018 г., где зараженность их составляла 40,7 % в среднем по всем сортам. Высокая инфекционная нагрузка на семенах по фитопатологической оценке отмечена в 2020 г. – 57,9 %, что почти в полтора раза выше, чем в 2018 г. Однако самой высокой она была в неблагоприятном по влагообеспеченности и по температурному режиму 2019 г., который характеризовался хорошим увлажнением и высокими температурами воздуха до колошения и сильной засухой второй половины вегетации на фоне несколько пониженных температур. В этих условиях зараженность семян урожая 2019 года увеличилась в среднем по всем сортам почти в 1,5 раза по сравнению с предыдущим 2018 г. и достигла 59,0 %.

Наиболее здоровые семена озимой пшеницы в условиях вегетации 2017–2018 гг. были сформированы у сортов Поволжская нива и Велютинум 3602. В условиях контрастных изменений уровня увлажнения и температурного фона в различные фазы развития растений с урожая 2019 г. выделились сорта Поволжская нива и Константиновская, а с урожая 2020 г. – Поволжская 86 и Лютесценс 3752. Несмотря на существенное влияние погодных условий на сортовую специфику зараженности семян, необходимо отметить, что в среднем за 3 года более здоровые семена были получены у сортов Поволжская нива и Велютинум 3602.

В условиях 2019 г. наиболее сильным заселением микофлорой отличались семена сортов Бирюза, Кинельская 4 и Лютесценс 3752, а в 2020 г. – Поволжская новь, Лютесценс 3817 и Константиновская.

При изучении зараженности семян нами был также проведен анализ на наличие семян с симптомами черного зародыша и проростков с признаками поражения корневой гнилью.

Среднее поражение семян озимой пшеницы чернотой зародыша во все годы исследования было невелико и составило в урожае 2018 г. менее

¹ ГОСТ 12044-93 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС). Москва: Стандартинформ, 2011. 55 с.

0,1 %, в 2019 – 1,4 %, в 2020 г. – 0,4 % (таблица 1). На семенах урожая 2019 г. было выявлено несколько больше зерен с черным зародышем, что можно объяснить неблагоприятными условиями в период созревания и налива зерна в связи с тем, что в этот период отмечались резкие колебания дневных и ночных температур воздуха со значительно низкими значениями в ночные часы (до 6–7 °С). Амплитуды колебаний суточной температуры в некоторые дни составляли 23–25 °С. Такие условия сопровождались жесткой атмосферной засухой.

Анализ на выявление проростков с признаками корневой гнили показал, что не всегда на стадии прорастания семян проявляются типичные признаки болезни у зерен с достаточно сильной заселенностью колониями грибов возбудителей. В исследованиях выявлено, что не у всех сортов и линий с самой высокой степенью колонизации семян гри-

бами отмечались признаки корневой гнили. Самый низкий процент встречаемости проростков с признаками корневой гнили в изучаемом наборе сортов был в 2020 г. – 10,4 %, в 2019 г. он был на 6,6 % выше, чем в 2020, и составил 17,0 %, а в 2018 г. он оказался самым высоким – 18,4%. Здесь можно заметить, что общая зараженность семян патогенами по годам не связана с процентным содержанием проростков с признаками корневой гнили. Скорее можно отметить связь между частотой встречаемости на семенах комплекса грибов, являющихся возбудителями корневых гнилей (*Bipolaris*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Rhizoctonia*) и симптомами на проростках. Ранее отмечалось, что, как правило, признаки корневой гнили отмечаются в том случае, если колония тех или иных грибов возникает прямо в зоне проростка или в непосредственной близости с ним [26, с. 27; 27, р. 325].

Таблица 1
Фитопатологическая оценка (%) семян озимой пшеницы

Сорт	Чернота зародыша	Здоровых семян	Семян, зараженных патогенами	Проростки с признаками корневой гнили
2018 год				
Бирюза	0	60,0	40,0	11,0
Поволжская 86	0,1	52,0	48,0	17,0
Кинельская 4	0	60,0	40,0	14,0
Лютеценс 3585	0	59,0	41,0	13,0
Поволжская нива	0	73,0	27,0	13,0
Поволжская новь	0,1	56,0	44,0	22,0
Лютеценс 3817	0	58,0	42,0	25,0
Лютеценс 3752	0	57,0	43,0	34,0
Велютинум 3602	0	63,0	37,0	21,0
Константиновская	0,4	55,0	45,0	14,0
Среднее	0,06	59,3	40,7	18,4
2019 год				
Бирюза	1,0	34,0	66,0	17,0
Поволжская 86	0	39,0	61,0	16,0
Кинельская 4	1,0	35,0	65,0	26,0
Лютеценс 3585	0	46,0	54,0	12,0
Поволжская нива	0	51,0	49,0	11,0
Поволжская новь	5,0	37,0	63,0	18,0
Лютеценс 3817	2,0	47,0	53,0	12,0
Лютеценс 3752	0	32,0	68,0	29,0
Велютинум 3602	1,0	38,0	62,0	22,0
Константиновская	4,0	51,0	49,0	7,0
Среднее	1,4	41,0	59,0	17,0
2020 год				
Бирюза	2,0	50,0	50,0	6,5
Поволжская 86	0	51,0	49,0	15,0
Кинельская 4	0	42,0	58,0	13,0
Лютеценс 3585	0	40,5	59,5	11,5
Поволжская нива	0	40,0	60,0	11,5
Поволжская новь	0	34,0	66,0	8,5
Лютеценс 3817	1,0	33,5	66,5	11,0
Лютеценс 3752	0	52,0	48,0	10,5
Велютинум 3602	0	45,5	54,5	10,0
Константиновская	1,0	32,5	67,5	6,0
Среднее	0,4	42,1	57,9	10,4

Table 1

Phytopathological evaluation (%) of winter wheat seeds

Variety	Blackness of the germ	Healthy seeds	Seeds infected with pathogens	Seedlings with signs of root rot
2018				
<i>Biryuza</i>	0	60.0	40.0	11.0
<i>Povolzhskaya 86</i>	0.1	52.0	48.0	17.0
<i>Kinel'skaya 4</i>	0	60.0	40.0	14.0
<i>Lyutestsens 3585</i>	0	59.0	41.0	13.0
<i>Povolzhskaya niva</i>	0	73.0	27.0	13.0
<i>Povolzhskaya nov'</i>	0.1	56.0	44.0	22.0
<i>Lyutestsens 3817</i>	0	58.0	42.0	25.0
<i>Lyutestsens 3752</i>	0	57.0	43.0	34.0
<i>Velyutinum 3602</i>	0	63.0	37.0	21.0
<i>Konstantinovskaya</i>	0.4	55.0	45.0	14.0
Average	0.06	59.3	40.7	18.4
2019				
<i>Biryuza</i>	1.0	34.0	66.0	17.0
<i>Povolzhskaya 86</i>	0	39.0	61.0	16.0
<i>Kinel'skaya 4</i>	1.0	35.0	65.0	26.0
<i>Lyutestsens 3585</i>	0	46.0	54.0	12.0
<i>Povolzhskaya niva</i>	0	51.0	49.0	11.0
<i>Povolzhskaya nov'</i>	5.0	37.0	63.0	18.0
<i>Lyutestsens 3817</i>	2.0	47.0	53.0	12.0
<i>Lyutestsens 3752</i>	0	32.0	68.0	29.0
<i>Velyutinum 3602</i>	1.0	38.0	62.0	22.0
<i>Konstantinovskaya</i>	4.0	51.0	49.0	7.0
Average	1.4	41.0	59.0	17.0
2020				
<i>Biryuza</i>	2.0	50.0	50.0	6.5
<i>Povolzhskaya 86</i>	0	51.0	49.0	15.0
<i>Kinel'skaya 4</i>	0	42.0	58.0	13.0
<i>Lyutestsens 3585</i>	0	40.5	59.5	11.5
<i>Povolzhskaya niva</i>	0	40.0	60.0	11.5
<i>Povolzhskaya nov'</i>	0	34.0	66.0	8.5
<i>Lyutestsens 3817</i>	1.0	33.5	66.5	11.0
<i>Lyutestsens 3752</i>	0	52.0	48.0	10.5
<i>Velyutinum 3602</i>	0	45.5	54.5	10.0
<i>Konstantinovskaya</i>	1.0	32.5	67.5	6.0
Average	0.4	42.1	57.9	10.4

За последние десятилетия было проведено много исследований по выявлению переносимых с семенами болезней пшеницы во всем мире. Clear и Patrick'Can (1993) сообщали о выделенных из образцов зерна пшеницы 35 родах грибов с 59 видами, наиболее важные из которых – *Alternaria*, *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium graminearum*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Epicoccum*, *Nigrospora* и *Septoria nodorum* [7, p. 32], *Curvularia*, *Stemphylium*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Gonatotryps*, *Ulocladium*. Khan (1992) сообщал, что 17 родов и 45 видов грибов, переносимых семенами культурных растений, были связаны с семенами пшеницы в Пакистане. В Иране микофлора хранящегося зерна включала грибы *Alternaria alternata*, *A. flavus*, *A. niger*, *Ulocladium alternariae*, *Chaetomium globosum*, *Fusarium proliferatum*, *Cladosporium cladosporioides*, *Rhizopus* и *Penicillium* [28, p. 6291].

На семенах озимой пшеницы нами были выявлены как патогенные, так и слабопатогенные грибы, такие как *Bipolaris*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Stemphylium*, *Rhizoctonia*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium* и *Nigrospora*. Было установлено, что среди всех грибов, выявленных на семенах изучаемых сортов и линий пшеницы, преобладали грибы родов *Alternaria sp.* и *Fusarium sp.*, причем уровень их доминирования менялся по годам (таблица 2).

В 2018 г. семена чаще всего были инфицированы грибами *Fusarium sp.* (частота встречаемости – 16,4 %, относительная распространенность – 40,7 %) и *Alternaria sp.* (12,5 % и 31,4 % соответственно). В 2019 г. в подавляющем большинстве доминировали грибы рода *Alternaria* (25,5 % и 40,8 %). Вторыми по частоте встречаемости были грибы, вызывающие плесневение семян, с относительной

распространенностью 25,7 %. Грибы *Fusarium* в условиях 2019 г. были менее распространены, чем в предыдущий год (8,9 % и 14,5 % соответственно). В 2020 г. доминировали *Fusarium* – 21,7 % (с относительной распространенностью 36,2 %) и другие плесневые грибы – 17,1 % (30,3 %), а грибы *Alternaria sp.* отмечены в среднем на 5,6 % семян с относительной распространенностью 9,8 %. Замечено, что во все годы исследований довольно сильное заселение семян колониями грибов *Alternaria sp.* отмечалось на сортах Велютинум 3602 (опушенный колос) и Лютесценс 3752.

В наших исследованиях было отмечено, что один из главных возбудителей корневых гнилей *Bipolaris sorokiniana* отмечался на семенах изучаемых сортов нечасто: из 3 лет изучения он был выявлен только в 2019 г. в среднем на 4,4 % от всех просмотренных семян. Группа грибов, вызывающих плесневение семян, чаще всего была представлена грибами рода *Cladosporium sp.* и представителями порядка *Mucorales* (родов *Mucor* и *Rhizopus*), гораздо реже встречались *Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.* и *Trichothecium roseum*.

Таблица 2

Частота встречаемости и относительная распространенность патогенных грибов на семенах озимой пшеницы, %

Сорт	Процентная частота встречаемости (PF)					Относительная распространенность (RA)				
	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Alternaria sp.</i>	<i>Rhizoctonia sp.</i>	* Другие плесневые грибы	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Alternaria sp.</i>	<i>Rhizoctonia sp.</i>	* Другие плесневые грибы
2018 год										
Бирюза	0	18,0	13,0	4,0	5,0	0	45,0	32,5	10,0	12,5
Поволжская 86	0	21,0	9,0	11,0	7,0	0	43,8	18,8	22,9	14,5
Кинельская 4	0	21,0	11,0	1,0	7,0	0	52,5	27,5	2,5	17,5
Лютесценс 3585	0	13,0	13,0	12,0	2,0	0	31,7	31,7	29,3	4,9
Поволжская нива	0	14,0	10,0	2,0	0	0	51,9	37,0	7,4	0
Поволжская новь	0	16,0	12,0	13,0	2,0	0	36,4	27,3	29,5	4,5
Лютесценс 3817	0	14,0	12,0	9,0	5,0	0	33,3	28,6	21,4	11,9
Лютесценс 3752	0	14,0	19,0	8,0	2,0	0	32,6	44,2	18,6	4,6
Велютинум 3602	0	13,0	18,0	1,0	5,0	0	35,1	48,6	2,7	13,6
Константиновская	0	20,0	8,0	11,0	6,0	0	44,4	17,8	24,4	13,4
Среднее	0	16,4	12,5	7,2	4,1	0	40,7	31,4	16,9	9,7
2019 год										
Бирюза	10,0	13,0	18,0	5,0	16,0	15,2	19,7	27,3	7,6	24,2
Поволжская 86	2,0	3,0	31,0	2,0	20,0	3,3	4,9	50,8	3,3	32,8
Кинельская 4	5,0	24,0	15,0	2,0	13,0	7,7	36,9	23,1	3,1	20,0
Лютесценс 3585	4,0	8,0	20,0	3,0	16,0	7,4	14,8	37,0	5,6	29,6
Поволжская нива	6,0	2,0	28,0	3,0	7,0	12,2	4,1	57,1	6,1	14,3
Поволжская новь	3,0	12,0	29,0	0	18,0	4,8	19,0	46,0	0	28,6
Лютесценс3817	3,0	5,0	26,0	2,0	15,0	5,7	9,4	49,1	3,8	28,3
Лютесценс 3752	8,0	9,0	30,0	1,0	14,0	11,8	13,2	44,1	1,5	20,6
Велютинум 3602	2,0	9,0	35,0	1,0	12,0	3,2	14,5	56,5	1,6	19,4
Константиновская	1,0	4,0	23,0	0	19,0	2,0	8,2	46,9	0	38,8
Среднее	4,4	8,9	25,5	1,9	15,0	7,3	14,5	40,8	3,3	25,7
2020 год										
Бирюза	0	16,5	3,5	4,5	17,0	0	33,0	7,0	9,0	34,0
Поволжская 86	0,5	11,0	4,5	5,5	23,0	1,0	22,4	9,2	11,2	46,9
Кинельская 4	0	20,0	1,5	6,0	22,5	0	34,5	2,6	10,3	38,8
Лютесценс 3585	0	15,0	5,5	6,5	18,0	0	25,2	9,2	10,9	30,3
Поволжская нива	0	29,0	11,5	3,0	10,0	0	48,3	19,2	5,0	16,7
Поволжская новь	0	36,0	5,5	1,0	13,5	0	54,5	8,3	1,5	20,5
Лютесценс3817	0	21,0	6,5	6,0	20,5	0	31,6	9,8	9,0	30,8
Лютесценс 3752	0	11,5	3,0	5,5	17,0	0	24,0	6,3	11,5	35,4
Велютинум 3602	0	11,5	14,0	3,5	17,0	0	21,1	25,7	6,4	31,2
Константиновская	0	45,5	0,5	3,5	12,5	0	67,4	0,7	5,2	18,5
Среднее	0,05	21,7	5,6	4,5	17,1	0,1	36,2	9,8	8,0	30,3

* Плесневые грибы: *Mucor sp.*, *Rhizopus sp.*, *Aspergillus sp.* и др.

Table 2

Frequency and relative prevalence of pathogenic fungi on winter wheat seeds, %

Variety	Percentage frequency (PF)					Relative abundance (RA)				
	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Alternaria sp.</i>	<i>Rhizoctonia sp.</i>	* Other mold fungi	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Alternaria sp.</i>	<i>Rhizoctonia sp.</i>	* Other mold fungi
2018										
<i>Biryuza</i>	0	18.0	13.0	4.0	5.0	0	45.0	32.5	10.0	12.5
<i>Povolzhskaya 86</i>	0	21.0	9.0	11.0	7.0	0	43.8	18.8	22.9	14.5
<i>Kinel'skaya 4</i>	0	21.0	11.0	1.0	7.0	0	52.5	27.5	2.5	17.5
<i>Lyutestsens 3585</i>	0	13.0	13.0	12.0	2.0	0	31.7	31.7	29.3	4.9
<i>Povolzhskaya niva</i>	0	14.0	10.0	2.0	0	0	51.9	37.0	7.4	0
<i>Povolzhskaya nov'</i>	0	16.0	12.0	13.0	2.0	0	36.4	27.3	29.5	4.5
<i>Lyutestsens 3817</i>	0	14.0	12.0	9.0	5.0	0	33.3	28.6	21.4	11.9
<i>Lyutestsens 3752</i>	0	14.0	19.0	8.0	2.0	0	32.6	44.2	18.6	4.6
<i>Velyutinum 3602</i>	0	13.0	18.0	1.0	5.0	0	35.1	48.6	2.7	13.6
<i>Konstantinovskaya</i>	0	20.0	8.0	11.0	6.0	0	44.4	17.8	24.4	13.4
Average	0	16.4	12.5	7.2	4.1	0	40.7	31.4	16.9	9.7
2019										
<i>Biryuza</i>	10.0	13.0	18.0	5.0	16.0	15.2	19.7	27.3	7.6	24.2
<i>Povolzhskaya 86</i>	2.0	3.0	31.0	2.0	20.0	3.3	4.9	50.8	3.3	32.8
<i>Kinel'skaya 4</i>	5.0	24.0	15.0	2.0	13.0	7.7	36.9	23.1	3.1	20.0
<i>Lyutestsens 3585</i>	4.0	8.0	20.0	3.0	16.0	7.4	14.8	37.0	5.6	29.6
<i>Povolzhskaya niva</i>	6.0	2.0	28.0	3.0	7.0	12.2	4.1	57.1	6.1	14.3
<i>Povolzhskaya nov'</i>	3.0	12.0	29.0	0	18.0	4.8	19.0	46.0	0	28.6
<i>Lyutestsens 3817</i>	3.0	5.0	26.0	2.0	15.0	5.7	9.4	49.1	3.8	28.3
<i>Lyutestsens 3752</i>	8.0	9.0	30.0	1.0	14.0	11.8	13.2	44.1	1.5	20.6
<i>Velyutinum 3602</i>	2.0	9.0	35.0	1.0	12.0	3.2	14.5	56.5	1.6	19.4
<i>Konstantinovskaya</i>	1.0	4.0	23.0	0	19.0	2.0	8.2	46.9	0	38.8
Average	4.4	8.9	25.5	1.9	15.0	7.3	14.5	40.8	3.3	25.7
2020										
<i>Biryuza</i>	0	16.5	3.5	4.5	17.0	0	33.0	7.0	9.0	34.0
<i>Povolzhskaya 86</i>	0.5	11.0	4.5	5.5	23.0	1.0	22.4	9.2	11.2	46.9
<i>Kinel'skaya 4</i>	0	20.0	1.5	6.0	22.5	0	34.5	2.6	10.3	38.8
<i>Lyutestsens 3585</i>	0	15.0	5.5	6.5	18.0	0	25.2	9.2	10.9	30.3
<i>Povolzhskaya niva</i>	0	29.0	11.5	3.0	10.0	0	48.3	19.2	5.0	16.7
<i>Povolzhskaya nov'</i>	0	36.0	5.5	1.0	13.5	0	54.5	8.3	1.5	20.5
<i>Lyutestsens 3817</i>	0	21.0	6.5	6.0	20.5	0	31.6	9.8	9.0	30.8
<i>Lyutestsens 3752</i>	0	11.5	3.0	5.5	17.0	0	24.0	6.3	11.5	35.4
<i>Velyutinum 3602</i>	0	11.5	14.0	3.5	17.0	0	21.1	25.7	6.4	31.2
<i>Konstantinovskaya</i>	0	45.5	0.5	3.5	12.5	0	67.4	0.7	5.2	18.5
Average	0.05	21.7	5.6	4.5	17.1	0.1	36.2	9.8	8.0	30.3

* Mold fungi: *Mucor sp.*, *Rhizopus sp.*, *Aspergillus sp.* et al.

Следует отметить, что в условиях неблагоприятных погодных условий вегетационного периода 2019 и 2020 гг. на семенах озимой пшеницы отмечались грибы рода *Nigrospora*, вызывающие нигроспороз различных культур (в нашей зоне в основном кукурузы и сорго), на 3,3 % и 1,7 % семян соответственно. Причем следует заметить, что на

семенах обычно отмечались представители двух видов этого рода: *Nigrospora oryzae* и *Nigrospora sphaerica*, но гораздо чаще отмечались *Nigrospora oryzae*. И хотя эти виды грибов являются неспецифичными для зерновых злаков, вызывает опасение их присутствие как на семенах, так и на вегетирующих растениях пшеницы.

Yuanyuan Hao et. al. [29, p. 181] сообщали в своих исследованиях, что среди пяти видов *Nigrospora* три – *N. oryzae*, *N. osmanthi* и *N. sphaerica* – часто регистрировались как патогенные на более широком спектре растений-хозяев. Несмотря на то что патогенное поведение *N. oryzae* является заметным, в большинстве случаев он идентифицируется как слабый патоген. Расселению спор *Nigrospora* способствуют ветер, брызги дождя и насекомые-переносчики, что приводит к быстрому распространению болезни. Была выдвинута гипотеза, что муцилагинное вещество, которое было отмечено на спорах, облегчает прилипание к субстрату хозяина или к переносчику, такому как клещи, и является успешным механизмом рассеивания спор.

Поскольку инфекции *Nigrospora* легко возникают на ослабленных или поврежденных растениях, передача спор через переносчиков является дополнительным преимуществом при распространении болезни.

Nigrospora sphaerica, выделенная Yuanyuan Hao et. al. из пятен на листьях, веточках и побегах черники (*Vaccinium corymbosum*), была идентифицирована как патоген, который проникает в растение-хозяин через раны, нанесенные насекомыми или вызванные абиотическими повреждениями. Ранее считалось, что *Nigrospora* ограничена однодольными хозяевам, но более поздние исследования показали, что она может встречаться на разнообразных хозяевах, а ее патогенность вызывает озабоченность в агрономии [29, p. 181]. В связи с наблюдаемыми существенными изменениями погодных условий в регионе [30, с. 28] патогенный комплекс на культуре озимой пшеницы в ближайшее десятилетие дополнится новыми видами.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Общепризнано, что производство пшеницы в обозримом будущем должно быть значительно увеличено, чтобы удовлетворить потребности в питании растущей численности населения. Сертифицированный и здоровый семенной материал является важным вкладом в производство сельскохозяйственных культур, поэтому снижение потерь урожая, вызванных грибами, переносимыми с семенами, является одним из способов обеспечения продовольственной безопасности в мире.

Наши результаты показывают, что в условиях Самарской области заражение семян озимой мягкой пшеницы патогенными грибами находится в достаточно сильной зависимости от сорта и погодных условий года. На исследованных образцах зерна урожая 2018–2020 гг. доминировали грибы *Alternaria sp.* (с процентной частотой встречаемости от 0,5 до 35 % и относительной распространенностью от 0,7 и 56,5 %), *Fusarium sp.* (от 2 до 45,5 % и от 4,1 до 67,4 % соответственно), а также группа грибов, вызывающих плесневение семян.

В связи с применением в последние годы энерго- и ресурсосберегающих технологий и отказом от вспашки все больше нарастает численность и патогенность грибов на семенах зерновых злаков и других культур, поэтому считаем необходимым проведение дополнительных исследований для определения экономической значимости заболеваний пшеницы, передающихся через семена, поскольку потери урожая, вызванные этими грибными патогенами, еще не полностью исследованы в нашем регионе.

Библиографический список

1. Торопова Е. Ю. Фитоэкспертиза семян как фактор оптимизации технологии посева зерновых колосовых культур и льна в Курганской области // Вестник Курганской ГСХА. 2012. № 2. С. 37–40.
2. Назарова Л. Н., Соколова Е. А. Прогрессирующие болезни зерновых культур // Агро XXI. 2000. № 4. С. 2–3.
3. Лавринова В. А., Полунина Т. С., Леонтьева М. П. Фитопатогенная микобиота семян на районированных сортах ячменя в ЦЧЗР / Современные проблемы агроэкологии: материалы IV международной научно-практической интернет-конференции. Миколаїв, 2018. С. 6.
4. Митряева Н. А. Семенная инфекция и ее возбудители // Защита растений в современных условиях развития АПК: сборник материалов Национальной научно-практической конференции, приуроченной к открытию ООО «Байер» современной IT-аудитории на факультете агробизнеса и экологии. Орел, 2019. С. 236–239.
5. Лавринова В. А., Полунина Т. С., Гусев И. В. Фунгициды против комплекса микромицетов на семенах озимой пшеницы в северо-восточной части Центрального черноземного региона // International research journal. 2018. № 10 (76). Ч. 1. С. 81–84
6. Otieno P. K., Imbahale S. S., Wekesa V. W., Otipa M., Okoth S. Molecular Determination of Toxigenic Potential of *Fusarium* spp. Isolated from Seeds of Wheat (*Triticum aestivum*) Genotypes and Evaluation of Levels of Fumonisin in the Grains at Harvest in Three Major Wheat Producing Counties in Kenya // International Journal of Agronomy. 2022. Vol. 2022. Article number 1428312. DOI: 10.1155/2022/1428312.
7. Adhikari P., Khatri-Chhetri G. B., Shrestha S.M., Marahatta S. Study on Prevalence of Mycoflora in Wheat Seeds // Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology. 2016. No. 4 (1). Pp. 31–35.

8. Кинчарова М. Н., Матвиенко Е. В. Влияние окраски семян сорго зернового на заселение их патогенной микрофлорой // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4. С. 108–113. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-4-108-113.
9. Кинчарова М. Н., Матвиенко Е. В. Эффективность предпосевной обработки семян в борьбе с болезнями зернового сорго // Аграрный вестник Урала. 2021. № 09 (212). С. 2–10. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-212-09-2-10.
10. Nguvo K. J., Gao X. Weapons hidden underneath: bio-control agents and their potentials to activate plant induced systemic resistance in controlling crop *Fusarium* diseases // Journal of plant diseases and protection. 2019. No. 126. Pp. 177–190. DOI: 10.1007/s41348-019-00222-y.
11. Zolkin A. L., Matvienko E. V., Shavanov M. V. Innovative technologies in agricultural crops breeding and seed farming // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk, 2021. Sci. 677. Article number 022092. DOI: 10.1088/1755-1315/677/2/022092.
12. Lafiandra D., Riccardi G., Peter R. S. Improving cereal grain carbohydrates for diet and health // Journal of Cereal Science. 2014. No. 59 (3). Pp. 312–326.
13. Piotrowska M., Slizewska K., Biernasiak J. Mycotoxins in cereal and soybean-based food and feed // Soybean – Pest Resistance. London, 2013. Chapter 8. Pp. 185–230. DOI: 10.5772/54470.
14. Majumder D., Rajesh T., Suting E.G., Debbarma A. Detection of seed borne pathogens in wheat: recent trends // Australian Journal of Crop Science. 2013. No. 7 (4). Pp. 500–507.
15. Hajjhasani M., Hajjhasani A., Khaghani S. Incidence and distribution of seed-borne fungi associated with wheat in Markazi Province, Iran // African Journal of Biotechnology. 2012. No. 11 (23). Pp. 6290–6295. DOI: 10.5897/AJB11.3838
16. Rehman A., Sultana K., Minhas N., Gulfranz M., Raja G. K., Anwar Z. Study of most prevalent wheat seed-borne mycoflora and its effect on seed nutritional value // African Journal of Microbiology Research. 2011. No. 5 (25). Pp. 4328–4337.
17. Nirenberg H., Schmitz-Elsherif H., Kling C. I. Occurrence of *Fusaria* and some “blackening moulds” on durum wheat in Germany: I. Incidence of *Fusarium* species. Journal of Plant Diseases and Protection. 1994. No. 101 (5). Pp. 449–459.
18. Abdallah-Nekache N., Laraba I., Ducos C. et al. Occurrence of *Fusarium* head blight and *Fusarium* crown rot in Algerian wheat: identification of associated species and assessment of aggressiveness // European Journal of Plant Pathology. 2019. No. 154. Pp. 499–512. DOI: 10.1007/s10658-019-01673-7.
19. Fakhrunnisa, Hashmi M. H., Ghaffar A. Seed borne mycoflora of wheat, sorghum and barley // Pakistan Journal of Botany. 2006. No. 38. Pp. 185–192. [http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/38\(1\)/PJB38\(1\)185.pdf](http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/38(1)/PJB38(1)185.pdf).
20. Seth R. K., Alam S. Screening of fungi from wheat seeds // International Journal of Agricultural. 2015. No. 5 (5). Pp. 287–294.
21. Alabushev A. V., Vozzhova N. N., Kupreyshvili N. T., Shishkin N. V., Marchenko D. M., Ionova E. V. Identification of stem Rust resistance genes in the winter wheat collection from southern Russia // Plants. 2019. Vol. 8. No. 12. Article number 559. DOI: 10.3390/plants8120559.
22. Jevtić R., Skenderović N., Župunski V. et al. Association between yield loss and *Fusarium* head blight traits in resistant and susceptible winter wheat cultivars // Journal of plant diseases and protection. 2020. No. 128. Pp. 1013–1022. DOI: 10.1007/s41348-021-00486-3.
23. Пидопличко Н. М. Грибы-паразиты культурных растений. Определитель. Т. 2. Грибы несовершенные. Киев: Наукова думка, 1977. 300 с.
24. Билай В. И. Фузариин. Киев: Наукова думка, 1977. 443 с.
25. Naqvi S. D. Y., Shiden T., Merhawi W., Mehret S. Identification of seed borne fungi on farmer saved sorghum (*Sorghum bicolor* L.), Pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) and groundnut (*Arachis hypogaea* L.) seeds // Agricultural Science Research Journal. 2013. No. 3. Pp. 107–114.
26. Кинчарова М. Н., Кинчаров А. И. Изучение распространенности микофлоры на семенах яровой пшеницы в условиях Самарской области // Аграрный научный журнал. 2021. № 3. С. 25–29. DOI: 10.28983/asj.y2021i3pp25-29.
27. Saad A., Macdonald B., Martin A., Knight N., Percy C. Comparison of disease severity caused by four soil-borne pathogens in winter cereal seedlings // Crop and Pasture Science. 2021. No. 72. Pp. 325–334. DOI: 10.1071/CP20245.
28. Hajjhasani M., Hajjhasani A., Khaghani S. Incidence and distribution of seed-borne fungi associated with wheat in Markazi Province, Iran // African Journal of Biotechnology. 2012. Vol. 11 (23). Pp. 6290–6295. DOI: 10.5897/AJB11.3838.

29. Hao Y., Vishvakeerthi J., Kandawatte T. C., Manawasinghe I., Li X., Liu M., Hyde K. D., Phillips A. J. L., Zhang W. *Nigrospora* Species Associated with Various Hosts from Shandong Peninsula, China // *Mycobiology*. 2020. Vol. 48. Iss. 3. Pp. 169–183. DOI: 10.1080/12298093.2020.1761747.

30. Кинчаров А. И., Демина Е. А. Анализ и краткосрочный прогноз изменения климатических условий в адаптивной селекции яровых зерновых // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2022. № 1. С. 23–30. DOI: 10.31857/S2500262722010057.

Об авторах:

Марина Николаевна Кинчарова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории инновационных технологий в селекции, семеноводстве и семеноведении, ORCID 0000-0002-1987-8708, AuthorID 341952; +7 927 706-04-32, potatolab@mail.ru

Александр Иванович Кинчаров¹, кандидат сельскохозяйственных наук, директор, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой пшеницы, ORCID 0000-0001-5492-8582, AuthorID 644773; +7 927 705-81-71, kincharov_ai@mail.ru

Абдраев Мянсур Равилович¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции и семеноводства озимой пшеницы, ORCID 0000-0002-3795-5869, AuthorID 877052; +7 927 013-25-79, alcasar@rambler.ru

¹ Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова – филиал Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Кинель, Россия

Prevalence of fungal infection on winter wheat seeds under conditions of the Middle Volga region

M. N. Kincharova¹✉, A. I. Kincharov¹, M. R. Abdryaev¹

¹ Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P. N. Konstantinov – a branch of the Samara Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kinel, Russia

✉ E-mail: potatolab@mail.ru

Abstract. The aim of this work is to investigate the composition of pathogenic mycoflora associated with the seeds of winter soft wheat in the Samara region under laboratory conditions. **Research methodology and methods.** The seeds of 10 varieties and lines of winter soft wheat of competitive variety trials, grown in the central soil and climatic zone of Samara Region, were examined in the Laboratory of Innovative Technologies in Breeding, Seed Breeding and Seed Science and Laboratory of Breeding and Seed Production of Winter Wheat, Volga Branch of Samara Research Center of RAS. Infestation of seeds by pathogenic fungi was determined by roll method using the method according to GOST 12044-93 and subsequent microscopy. **Results.** Correct diagnosis and knowledge of the causes of the disease, peculiarities of pathogen development are the basis for successful protective and preventive measures. As a result of the study we conducted in 2019–2020 revealed a high degree of infection of seeds with fungi on a natural infectious background. Dominant on the seeds, studied samples are fungi: *Alternaria sp.* (with a frequency of occurrence from 0.5 to 35.0% and relative prevalence from 0.7 % to 56.5 %, *Fusarium sp.* (with a frequency of occurrence from 2 to 45.5 %, and relative prevalence from 4.1 % to 67.4 % respectively) and the group of fungi causing seed mold (*Cladosporium sp.*, *Mucor sp.*, *Penicillium sp.* etc.). Differences in the amount of precipitation and relative humidity may be a probable reason for differences in the frequency of a particular fungus and species detected on seeds of winter soft wheat in different years. **Scientific novelty.** The phytopathological estimation of seeds as applied to the conditions of Samara region has been carried out and pathogenic complex of fungi associated with the seeds of winter wheat has been established.

Keywords: winter wheat, variety, fungi, seed infection, pathogen, percentage frequency, relative abundance.

For citation: Kincharova M. N., Kincharov A. I., Abdryaev M. R. Rasprostranennost' gribnoy infektsii na semena-kh ozimoy pshenitsy v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Prevalence of fungal infection on winter wheat seeds under conditions of the Middle Volga region] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022. No. 12 (227). Pp. 11–22. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-227-12-11-22. (In Russian.)

Date of paper submission: 09.09.2022, **date of review:** 08.10.22, **date of acceptance:** 10.10.22.

References

1. Toropova E. Yu. Fitoekspertiza semyan kak faktor optimizatsii tekhnologii poseva zernovykh kolosovykh kul'tur i l'na v Kurganskoj oblasti [Phytoexpertise of seeds as a factor in optimizing the technology of sowing cereals and flax in the Kurgan region] // Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy: Kurgan State Agricultural Academy. 2012. No. 2. Pp. 37–40. (In Russian.)
2. Nazarova L. N., Sokolova E. A. Progressivnyye bolezni zernovykh kul'tur [Progressive diseases of cereal crops] // Arpo XXI. 2000. No. 4. Pp. 2–3. (In Russian.)
3. Lavrinova V. A., Polunina T. S., Leont'eva M. P. Fitopatogennaya mikrobiota semyan na rayonirovannykh sortakh yachmenya v TsChZR [Phytopathogenic mycobiota seeds on released varieties of barley in the CCR] // Sovremennye problemy agroekologii: materialy IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii. Nikolaev, 2018. P. 6. (In Russian.)
4. Mitryaeva N. A. Semennaya infektsiya i ee vzbuditeli [Seed infection and its pathogens] // Zashchita rasteniy v sovremennykh usloviyakh razvitiya APK: sbornik materialov Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii, priurochennoy k otkrytiyu OOO «Bayer» sovremennoy IT-auditorii na fakul'tete agrobiznesa i ekologii. Orel, 2019. Pp. 236–239. (In Russian.)
5. Lavrinova V. A., Polunina T. S., Gusev I. V. Fungitsidy protiv kompleksa mikromitsetov na semenakh ozimoy pshenitsy v severo-vostochnoy chasti Tsentral'nogo chernozemnogo regiona [Fungicides against the complex of micromycetes on the seeds of winter wheat in the north-eastern part of the Central Black Earth region] // International research journal. 2018. No. 10 (76). Ch. 1. Pp. 81–84. (In Russian.)
6. Otieno P. K., Imbahale S. S., Wekesa V. W., Otipa M., Okoth S. Molecular Determination of Toxigenic Potential of *Fusarium* spp. Isolated from Seeds of Wheat (*Triticum aestivum*) Genotypes and Evaluation of Levels of Fumonisin in the Grains at Harvest in Three Major Wheat Producing Counties in Kenya // International Journal of Agronomy. 2022. Vol. 2022. Article number 1428312. DOI: 10.1155/2022/1428312.
7. Adhikari P., Khatri-Chhetri G. B., Shrestha S.M., Marahatta S. Study on Prevalence of Mycoflora in Wheat Seeds // Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology. 2016. No. 4 (1). Pp. 31–35.
8. Kincharova M. N., Matvienko E. V. Vliyanie okraski semyan sorgo zernovogo na zaselenie ikh patogennoy mikrofloroy [Influence of the color of grain sorghum seeds on their colonization by pathogenic microflora] // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2020. No. 4. Pp. 108–113. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-4-108-113. (In Russian.)
9. Kincharova M. N., Matvienko E. V. Effektivnost' predposevnoy obrabotki semyan v bor'be s boleznyami zernovogo sorgo [The effectiveness of pre-sowing seed treatment in the fight against diseases of grain sorghum] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 09 (212). Pp. 2–10. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-212-09-2-10. (In Russian.)
10. Nguvo K. J., Gao X. Weapons hidden underneath: bio-control agents and their potentials to activate plant induced systemic resistance in controlling crop *Fusarium* diseases // Journal of plant diseases and protection. 2019. No. 126. Pp. 177–190. DOI: 10.1007/s41348-019-00222-y.
11. Zolkin A. L., Matvienko E. V., Shavanov M. V. Innovative technologies in agricultural crops breeding and seed farming // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk, 2021. Sci. 677. Article number 022092. DOI: 10.1088/1755-1315/677/2/022092.
12. Lafandra D., Riccardi G., Peter R. S. Improving cereal grain carbohydrates for diet and health // Journal of Cereal Science. 2014. No. 59 (3). Pp. 312–326.
13. Piotrowska M., Slizewska K., Biernasiak J. Mycotoxins in cereal and soybean-based food and feed // Soybean – Pest Resistance. London, 2013. Chapter 8. Pp. 185–230. DOI: 10.5772/54470.
14. Majumder D., Rajesh T., Suting E. G., Debbarma A. Detection of seed borne pathogens in wheat: recent trends // Australian Journal of Crop Science. 2013. No. 7 (4). Pp. 500–507.
15. Hajihassani M., Hajihassani A., Khaghani S. Incidence and distribution of seed-borne fungi associated with wheat in Markazi Province, Iran // African Journal of Biotechnology. 2012. No. 11 (23). Pp. 6290–6295. DOI: 10.5897/AJB11.3838.
16. Rehman A., Sultana K., Minhas N., Gulfranz M., Raja G. K., Anwar Z. Study of most prevalent wheat seed-borne mycoflora and its effect on seed nutritional value // African Journal of Microbiology Research. 2011. No. 5 (25). Pp. 4328–4337.
17. Nirenberg H., Schmitz-Elsherif H., Kling C. I. Occurrence of *Fusaria* and some “blackening moulds” on durum wheat in Germany: I. Incidence of *Fusarium* species. Journal of Plant Diseases and Protection. 1994. No. 101 (5). Pp. 449–459.
18. Abdallah-Nekache N., Laraba I., Ducos C. et al. Occurrence of *Fusarium* head blight and *Fusarium* crown rot in Algerian wheat: identification of associated species and assessment of aggressiveness // European Journal of Plant Pathology. 2019. No. 154. Pp. 499–512. DOI: 10.1007/s10658-019-01673-7.

19. Fakhrunnisa, Hashmi M. H., Ghaffar A. Seed borne mycoflora of wheat, sorghum and barley // *Pakistan Journal of Botany*. 2006. No. 38. Pp. 185–192.
20. Seth R. K., Alam S. Screening of fungi from wheat seeds // *International Journal of Agricultural*. 2015. No. 8 (5). Pp. 287–294.
21. Alabushev A. V., Vozhzhova N. N., Kupreyshvili N. T., Shishkin N. V., Marchenko D. M., Ionova E. V. Identification of stem Rust resistance genes in the winter wheat collection from southern Russia // *Plants*. 2019. Vol. 8. No. 12. Article number 559. DOI: 10.3390/plants8120559.
22. Jevtić R., Skenderović N., Župunski V. et al. Association between yield loss and Fusarium head blight traits in resistant and susceptible winter wheat cultivars // *Journal of plant diseases and protection*. 2020. No. 128. Pp. 1013–1022. DOI: 10.1007/s41348-021-00486-3.
23. Pidoplichko N. M. Griby-parazity kul'turnyh rasteniy [Fungi-parasites of cultivated plants]. An identifier. Vol. 2: Fungi imperfect. Kiev: Naukova Dumka, 1977. 300 p. (In Russian.)
24. Bilay V. I. Fuzarii [Fusariums]. Kiev: Naukova Dumka, 1977. 443 p. (In Russian.)
25. Naqvi S. D. Y., Shiden T., Merhawi W., Mehret S. Identification of seed borne fungi on farmer saved sorghum (*Sorghum bicolor* L.), Pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) and groundnut (*Arachis hypogaea* L.) seeds // *Agricultural Science Research Journal*. 2013. No. 3. Pp. 107–114.
26. Kincharova M. N., Kincharov A. I. Izuchenie rasprostranennosti mikoflory na semenah yarovoj pshenicy v usloviyah Samarskoj oblasti [Study of mycoflora prevalence on the seeds of spring wheat in the Samara region] // *Agrarian Scientific Journal*. 2021. No. 3. Pp. 25–29. DOI: 10.28983/asj.y2021i3pp25-29. (In Russian.)
27. Saad A., Macdonald B., Martin A., Knight N., Percy C. Comparison of disease severity caused by four soil-borne pathogens in winter cereal seedlings // *Crop and Pasture Science*. 2021. No. 72. Pp. 325–334. DOI: 10.1071/CP20245.
28. Hajihassani M., Hajihassani A., Khaghani S. Incidence and distribution of seed-borne fungi associated with wheat in Markazi Province, Iran // *African Journal of Biotechnology*. 2012. Vol. 11 (23). Pp. 6290–6295. DOI: 10.5897/AJB11.3838.
29. Hao Y., Vishvakeerthi J., Kandawatte T. C., Manawasinghe I., Li X., Liu M., Hyde K. D., Phillips A. J. L., Zhang W. *Nigrospora* Species Associated with Various Hosts from Shandong Peninsula, China // *Mycobiology*. 2020. Vol. 48. Iss. 3. Pp. 169–183. DOI: 10.1080/12298093.2020.1761747.
30. Kincharov A. I., Demina E. A. Analiz i kratkosrochnyj prognoz izmeneniya klimaticeskikh uslovij v adaptivnoj selekcii yarovyh zernovyh [Analysis and short-term forecast of climatic changes in adaptive breeding of spring cereals] // *Russian Agricultural Science*. 2022. No. 1. Pp. 23–30. DOI: 10.31857/S2500262722010057. (In Russian.)

Authors' information:

Marina N. Kincharova¹, candidate of agricultural sciences, associate professor, leading researcher laboratory of innovative technologies in breeding, seed production and seed science, ORCID 0000-0002-1987-8708, AuthorID 341952; +7 927 706-04-32, potatolab@mail.ru

Aleksandr I. Kincharov¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher at the laboratory of spring wheat breeding and seed production, ORCID 0000-0001-5492-8582, AuthorID 644773; +7 927 705-81-71, kincharov_ai@mail.ru

Mansur R. Abdryaev¹, candidate of agricultural sciences, head of the laboratory of winter wheat breeding and seed production, ORCID 0000-0002-3795-5869, AuthorID 877052; +7 927 013-25-79, alcasar@rambler.ru

¹ Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P. N. Konstantinov – a branch of the Samara Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kinel, Russia