



ISSN 1727-1320 (Print),
ISSN 2308-6459 (Online)

ВЕСТИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2025 ТОМ 108 ВЫПУСК
VOLUME ISSUE 4



Санкт-Петербург
St. Petersburg, Russia

ЧЕРНЫЙ ЗАРОДЫШ ПШЕНИЦЫ: РЕАЛЬНОСТЬ ПРОТИВ СТЕРЕОТИПОВ

Т.Ю. Гагкаева*, О.П. Гаврилова, А.С. Орина, Ф.Б. Ганнибал

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

*ответственный за переписку, e-mail: t.gagkaeva@mail.ru

Симптом «черный зародыш», распространенное изменение цвета зерна пшеницы и ячменя, отмечается по всему миру в большинстве регионов выращивания данных культур. Существуют жесткие стандарты по содержанию зерна с черным зародышем в партиях продовольственной пшеницы как в России, так и за рубежом. Механизмы, участвующие в появлении темного пигмента, до сих пор окончательно не выяснены. В настоящем исследовании был проведен анализ средних образцов товарных партий озимой пшеницы из Центрального федерального округа урожая 2024 г., где доля визуально выявленных зерен с черным зародышем составила от 4.3 до 27.0 %. Согласно полученным результатам, процент инфицирования грибами, таксономический состав микробиоты и содержание ДНК двух доминирующих групп грибов *Alternaria* и *Fusarium* были высоко сходными во фракциях внешне здорового зерна и зерна с черным зародышем. По нашему мнению, данный симптом обусловлен абиотическими факторами среды, вызывающими физиологическое потемнение тканей зерен, и с большой долей уверенности может быть отнесен к заболеваниям пшеницы, вредоносность которых не доказана.

Ключевые слова: вредоносность, ДНК грибов, зерно, количественная ПЦР, микология, симптомы заболевания, физиология

Поступила в редакцию: 04.09.2025

Принята к печати: 28.11.2025

Введение

Зерно пшеницы часто инфицировано различными микроорганизмами, включая грибы (микромицеты) и бактерии. Высокая зараженность может привести к экономическим потерям, обусловленным низкой урожайностью, ухудшением семенных свойств и снижением качества получаемых на основе зерна продуктов. В зависимости от таксономического положения микроорганизма, сорта пшеницы, продолжительности развития микроорганизма в растении и условий окружающей среды происходит или не происходит проявление визуально заметного инфицирования.

Симптом, известный как «черный зародыш» (ЧЗ), представляет собой потемнение перикарпия и внутренней ткани семенной оболочки, которое может распространяться вдоль бороздки на центральной стороне зерна мягкой и твердой пшеницы и ячменя (Williamson, 1997; Mónaco et al., 2004). Согласно общему мнению, ЧЗ зерна пшеницы влияет на пищевое качество получаемой из него муки, поскольку части перикарпия, содержащие пигменты, во время помола зерна попадают в муку, вызывают снижение её белизны – показателя, который является одним из основных требований перерабатывающей отрасли (ГОСТ 26574-2017). В то же время, об изменениях других органолептических свойств продукции, получаемой из зерна с ЧЗ, достоверно неизвестно: исследование 12 образцов пшеницы с долей зерна с ЧЗ от 10 % до более 50 % не выявило влияния этого симптома на ценность зерна для хлебопечения и на хлебопекарные качества муки (Rees et al., 1984).

Поскольку проблема наличия в урожае зерна с ЧЗ отмечается в большинстве стран, где выращивают пшеницу и ячмень, то во многих странах установлены нормативы в отношении встречаемости ЧЗ в партиях товарного

зерна, например, в США ($\leq 4\%$), Австралии ($\leq 5\%$) и Канаде ($\leq 10\%$) (Liu et al., 2017). Согласно существующему в РФ ГОСТу, зерно пшеницы с ЧЗ относится к зерновой примеси «поврежденные – зерна с измененным цветом оболочек и с эндоспермом от кремового до светло-коричневого цвета», и его содержание в пшенице 1–4 класса ограничено 5.0 % по массе (ГОСТ 9353–2016). Превышение установленного показателя приводит к снижению стоимости зерна, однако научная основа этого нормирования сомнительна.

Дискуссии о причинах, приводящих к появлению симптома ЧЗ, ведутся давно, но единой точки зрения по данному вопросу не выработана до сих пор. Впервые мысль о связи ЧЗ и инфицирования грибами 135 лет назад высказал Сорокин Н.В., который обнаружил и описал гриб *Helminthosporium* sp. во время экспедиции по Южно-Уссурийскому краю (Сорокин, 1890). Он отоспал образец зерна с ЧЗ на проверку известному итальянскому микологу Саккардо П.А., который подтвердил новизну находки и в честь Сорокина Н.В. назвал данный вид гриба *H. sorokinianum* Sacc. (совр. *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker). И до сих пор многие исследователи традиционно связывают симптом ЧЗ с присутствием грибов в тканях зерна различных культур. Действительно, грибы часто обнаруживаются в зерне с ЧЗ, и как причину этого симптома чаще всего упоминают *B. sorokiniana*, *Alternaria alternata*, *Pyrenophora tritici-repentis* (Kumar et al., 2002; Кириченко, 2005; Fernandez et al., 2011; Лапина и др., 2012; Шабатуков и др., 2022; Кириченко, Торопова, 2024) – те грибы, которые имеют тёмноокрашенный мицелий и образуют колонии от светло-серого до темно-оливкового и черного цвета. Также иногда с возникновением ЧЗ связывают виды грибов *Fusarium* (Conner et al., 1996; Desjardins et al.,

2007). Кроме того, в зерне с ЧЗ могут присутствовать сапротрофные грибы, например, *Cladosporium*, *Nigrospora*, *Epicoccum*, *Stemphylium*, *Sordaria* (Chavez, Kohli, 2013; Golosna, 2022). К сожалению, утверждения, что эти грибы могут быть причиной ЧЗ, как правило, основаны лишь на

том факте, что перечисленные организмы были выделены из зерна с симптомом ЧЗ.

Цель исследования – сравнение зараженности грибами внешнего здорового и зерна с ЧЗ образцов пшеницы с использованием микологических и молекулярно-генетических методов.

Материалы и методы

Три средних образца озимой пшеницы, содержащие зерно с симптомом ЧЗ, были отобраны из товарных партий, выращенных в Центральном федеральном округе в 2024 г. При приемке на элеваторе партии формировались исходя из классообразующих показателей качества, без соблюдения сортовой изоляции. Образец №1 из Липецкой обл. (3 класс пшеницы), представлял смесь сортов Туранус, Льговская 4 и Фелиция; образец №2 из Тамбовской обл. (4 класс пшеницы), сорта Собербаш, Туранус, Московская 56 и Губернатор Дона; образец №3 из Тульской обл. (без класса), сорта Губернатор Дона, Льговская 4, Собербаш и Туранус.

В лабораторных условиях из каждого среднего образца случайным образом были отобраны пробы, содержащие не менее 500 зерен в двух-трёх повторностях, затем пробы визуально разделяли на две фракции: внешне здоровые зерна и зерна с ЧЗ. Подсчитывали число зерен, взвешивали и рассчитывали массу 1000 зерен в пробах и фракциях (ГОСТ ISO 520–2014).

Для оценки всхожести и зараженности зерна, из каждого образца анализировали 100 независимо отобранных зерен и дополнительно – минимум 30 зерен с ЧЗ. Зёрна поверхностью стерилизовали 5% гипохлоритом натрия и раскладывали на питательную картофельно-сахарозную агаризованную среду (КСА) (Гагкаева и др., 2011). Через 7 суток инкубирования чашек Петри в термостате при 23 °C в темноте проводили учёт всхожести, а также высосших из зерна микромицетов. Оценка всхожести зерна на питательной агаризованной среде не является методом,

приведенном в ГОСТ, однако его использование позволяет в лабораторных условиях получить достоверные результаты. Таксономическую принадлежность микромицетов определяли по сумме макро- и микроморфологических признаков с использованием определителей (Ellis, 1971; Gerlach, Nirenberg, 1982; Samson et al., 2002). Зараженность зерна грибами рассчитывали, как число зёрен, из которых были выделены грибы определенной таксономической группы, к общему числу анализируемых зёрен, выраженное в процентах.

На мельнице Tube Mill Control (IKA, Германия) размалывали зерно из каждого исходного среднего образца и дополнительно отобранных фракций внешне здорового зерна и с ЧЗ. Выделение ДНК из муки осуществляли согласно протоколу European Union Reference Laboratory for Genetically Modified Food and Feed (2005). Содержание ДНК видов *Fusarium*, генетически способных производить трихотеценовые микотоксины (Tri-*Fusarium*) и грибов рода *Alternaria* оценивали с помощью количественной ПЦР (кПЦР) с пробами TaqMan (Pavon et al., 2012; Gagkaeva et al., 2019). Содержание ДНК гриба *B. sorokiniana* определяли методом кПЦР с красителем SYBR Green (Орина и др. 2020). Количество ДНК грибов выражали в виде доли от общей ДНК, выделенной из зерновой муки (пг/нг общей ДНК, сокращенно – пг/нг).

Статистический анализ данных проводили с использованием программ Microsoft Excel 2010 и STATISTICA 10.0, рассчитывая средние значения и доверительные интервалы.

Результаты

Визуальный осмотр показал наличие в каждом среднем образце пшеницы зерен с симптомом ЧЗ, проявляющимся в виде потемнения оболочки зародыша и щитка. При этом такие зерновки, как правило, были выполненные и по размерам соответствовали внешне здоровым.

Процентное содержание зерна с ЧЗ варьировало от 4.3 до 27.0% (Табл. 1). Масса 1000 зёрен каждого среднего образца и отобранных из него двух фракций была сходной и статистически не различалась.

На питательной среде всхожесть зерна пшеницы из среднего образца и из фракции зерен с ЧЗ была относительно высокой и сходной, составила по образцам 88–94% и 87–95%, соответственно (Табл. 2).

Грибы *Alternaria* были выявлены как во всех анализированных средних образцах, так и в отобранных фракциях зерна с ЧЗ: заражённость этими грибами варьировала в диапазонах 49–83% и 9–95%, соответственно. Причем, во фракции зерна с ЧЗ установлена как значительно более низкая в 8 раз (образец №2), так и более высокая на 6–19% (№1 и №3) зараженность грибами *Alternaria* spp. по сравнению с соответствующими средними образцами.

Выявленная заражённость грибами *Fusarium* средних образцов зерна была сходно низкой – 3%. Среди данных грибов идентифицированы виды *F. poae* и *F. sporotrichioides*, производящие трихотеценовые микотоксины, и вид *F. avenaceum*. Во фракции зерна с ЧЗ образца №2 неожиданно установлена значительная зараженность видом *F. poae* – 22%. Именно в этом образце доля зерна с ЧЗ была самой низкой, а масса 1000 зёрен во фракции с ЧЗ – идентичной показателю среднего образца. Также в среднем образце №2 и отобранный из него фракции зерна с ЧЗ отмечена высокая зараженность грибом *Nigrospora gorlenkoana* – 15 и 33%, соответственно.

В анализированных образцах единично встречался гриб *Epicoccum* sp. (заражённость не превышала 2–6%), отмечались грибы родов *Aspergillus*, *Acremoniella*, *Penicillium*, *Sordaria* и др., однако они, в связи с их низкой встречаемостью, не могли быть причиной столь значительного проявления ЧЗ. Гриб *Bipolaris sorokiniana* при анализе средних образцов и фракций зерна с ЧЗ не обнаружен. Также в образцах зерна выявлено бактериальное загрязнение: зараженность составила 2–3% в средних образцах и 0–17% – в зерне с ЧЗ.

Таблица 1. Встречаемость зерна с черным зародышем и масса 1000 зерен пшеницы

Образец	Доля зерна с ЧЗ в среднем образце, %	Средний образец	Масса 1000 зерен ± ДИ*, г	
			Фракция внешне здорового зерна	Фракция зерна с ЧЗ
№ 1	7.1 ± 1.5	54.6 ± 14.5	55.0 ± 15.8	50.2 ± 1.6
№ 2	4.3 ± 3.6	38.8 ± 0.2	38.9 ± 0.2	38.2 ± 1.0
№ 3	27.0 ± 3.8	48.8 ± 2.1	47.4 ± 2.8	52.2 ± 0.7

Примечание: * ДИ – доверительный интервал при уровне значимости 95%.

Table 1. Occurrence of grain with black point and 1000-grain weight of wheat

Grain sample	Proportion of grain with black point in the representative sample, %	Representative sample	1000-grain weight of wheat ± CI*, g	
			Visually healthy grain fraction	Grain fraction with black point
№ 1	7.1 ± 1.5	54.6 ± 14.5	55.0 ± 15.8	50.2 ± 1.6
№ 2	4.3 ± 3.6	38.8 ± 0.2	38.9 ± 0.2	38.2 ± 1.0
№ 3	27.0 ± 3.8	48.8 ± 2.1	47.4 ± 2.8	52.2 ± 0.7

Note: * CI – confidence interval at a significance level of 95%.

Таблица 2. Всхожесть и зараженность зерна пшеницы в средних образцах и во фракции с симптомом черного зародыша (КСА, 7–14 суток, 23 °C)

Значения показателей, %	№1	№2	№3	№1	№2	№3
					Фракция зерна с ЧЗ	
Всхожесть	94	87	93	95	87	93
Зараженность:						
<i>Alternaria</i> spp.	76	49	83	95	6	89
<i>Fusarium</i> spp., в т.ч.:	3	3	3	н.о.*	22	н.о.
<i>F. sporotrichioides</i>	2	н.о.	3	н.о.	н.о.	н.о.
<i>F. poae</i>	1	1	н.о.	н.о.	22	н.о.
<i>F. avenaceum</i>	н.о.	2	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
<i>Epicoccum</i> sp.	4	н.о.	6	н.о.	2	3
<i>Nigrospora gorlenkoana</i>	1	15	1	н.о.	33	н.о.
Другие микромицеты	н.о.	6	10	н.о.	2	н.о.

Примечание: * н.о. – не обнаружен.

Table 2. Germination and infection of wheat grain in representative samples and in the fraction with the black point symptom (PSA, 7–14 days, 23 °C)

Indicator values, %	Grain sample	№1	№2	№3	№1	№2	№3
						Grain fraction with black point	
Germination		94	87	93	95	87	93
Grain infection:							
<i>Alternaria</i> spp.	76	49	83	95	6	89	
<i>Fusarium</i> spp. including:	3	3	3	н.д.*	22	н.д.	
<i>F. sporotrichioides</i>	2	н.д.	3	н.д.	н.д.	н.д.	
<i>F. poae</i>	1	1	н.д.	н.д.	22	н.д.	
<i>F. avenaceum</i>	н.д.	2	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	
<i>Epicoccum</i> sp.	4	н.д.	6	н.д.	2	3	
<i>Nigrospora gorlenkoana</i>	1	15	1	н.д.	33	н.д.	
Other fungi	н.д.	6	10	н.д.	2	н.д.	

Note: * н.д. – not detected.

Результаты выявления ДНК грибов *Alternaria* в зерне образцов №1 и №3 не продемонстрировали значительных различий между средним образцом и фракциями внешне здорового зерна и зерна с ЧЗ (Табл. 3). В образце №2 содержание ДНК данной группы грибов во фракции зерна с ЧЗ было примерно в три раза ниже, чем во фракции внешне здорового зерна и в среднем образце, что согласуется с

результатами микологического анализа. В средних образцах №1 и №3 отмечено более высокое количество ДНК *Tri-Fusarium*, чем в зерне двух отобранных из них фракций. В образце №2, где зараженность этими грибами составила всего 3 %, содержание ДНК грибов было значительно выше во фракции внешне здорового зерна. ДНК гриба *Bipolaris sorokiniana* в анализируемых образцах не выявлена.

Таблица 3. Содержание ДНК грибов *Alternaria* и *Fusarium* в зерне образцов пшеницы

Образец	Количество ДНК грибов \pm ДИ $\times 10^{-4}$ пг/нг общей ДНК*					
	<i>Alternaria</i>			<i>Tri-Fusarium</i> **		
Средний образец	Фракция внешне здорового зерна	Фракция зерна с ЧЗ	Средний образец	Фракция внешне здорового зерна	Фракция зерна с ЧЗ	
№1	1354 \pm 81	1893 \pm 59	1381 \pm 36	595 \pm 17	154 \pm 28	103 \pm 25
№2	408 \pm 47	1220 \pm 133	364 \pm 13	1614 \pm 265	3492 \pm 120	948 \pm 15
№3	1599 \pm 100	2208 \pm 156	2864 \pm 15	815 \pm 23	131 \pm 6	364 \pm 173
В среднем	1120 \pm 629	1774 \pm 505	1536 \pm 1256	1008 \pm 536	1259 \pm 1934	472 \pm 433

Примечание: * ДИ – доверительный интервал при уровне значимости 95 %;

** *Tri-Fusarium* – виды грибов *Fusarium*, производящие трихотеценовые микотоксины.

Table 3. The content of *Alternaria* and *Fusarium* DNA in the grain samples of wheat

Grain sample	Amount of fungal DNA \pm CI $\times 10^{-4}$ pg/ng of total DNA*					
	<i>Alternaria</i>			<i>Tri-Fusarium</i> **		
	Representative sample	Visually healthy grain fraction	Grain fraction with black point	Representative sample	Visually healthy grain fraction	Grain fraction with black point
№1	1354 \pm 81	1893 \pm 59	1381 \pm 36	595 \pm 17	154 \pm 28	103 \pm 25
№2	408 \pm 47	1220 \pm 133	364 \pm 13	1614 \pm 265	3492 \pm 120	948 \pm 15
№3	1599 \pm 100	2208 \pm 156	2864 \pm 15	815 \pm 23	131 \pm 6	364 \pm 173
On average	1120 \pm 629	1774 \pm 505	1536 \pm 1256	1008 \pm 536	1259 \pm 1934	472 \pm 433

Note: * CI – confidence interval at a significance level of 95 %;

** *Tri-Fusarium* – the species of *Fusarium* producing trichothecene mycotoxins.

Обсуждение

Лабораторные исследования трёх образцов пшеницы, в которых отмечена значительная доля зерна с симптомом ЧЗ, не выявили отличий всхожести и массы 1000 зёрен у фракции зерна с ЧЗ и внешне здоровых зерен, демонстрируя отсутствие связи между симптомом ЧЗ и жизнеспособностью семян.

Выявлено разнообразие микромицетов в микробиоте зерна пшеницы с наибольшей представленностью грибов *Alternaria* (95%), которые являются обычными контаминантами зерна, и, как правило, не оказывают значительного влияния на его семенные качества (Ганнибал, 2014, 2018; Орина и др., 2020).

В данном исследовании во фракции зерна с ЧЗ одного образца выявлена значительная зараженность грибами *F. poae* и *N. gorenkoana* – 22 и 33 %, соответственно. Эти виды широко распространены в зерне, выращиваемом в различных регионах России (Кармач, Иванова, 2024; Орина и др., 2023). Вид *F. poae* – слабопатогенный, обычно присутствующий только в поверхностных слоях зерновки и редко снижающий всхожесть (Brennan et al., 2003). Гриб *N. gorenkoana* также не оказывал влияния на прорастание зерна пшеницы, но снижал длину проростков примерно на 50 % (Орина и др., 2023).

Примечательно, что вид *B. sorokiniana*, часто связываемый с потемнением оболочки зерна, не выявлен при

анализе средних образцов и фракций зерна с ЧЗ с помощью микологического и молекулярно-генетического методов. Ранее было показано отсутствие различий по зараженности зерна грибами рода *Bipolaris* между фракциями бессимптомных и чернозародышевых зерен яровой пшеницы (Neshumaeva, 2023).

Различие между содержанием ДНК грибов *Alternaria* и *Tri-Fusarium* в средних образцах зерна и отобранных из них фракций оказалось не связано с наличием симптома ЧЗ. Таким образом, не получено доказательств связи проявление симптома ЧЗ с присутствием в зерне какой-то группы грибов.

На наш взгляд, критической ошибкой, допускаемой при анализе образцов зерна, является микологический анализ или только среднего образца (обычный подход), или только фракции зерна с ЧЗ. После этого, отмечая значительную инфицированность образцов, исследователи необоснованно утверждают, что грибы (особенно темноокрашенные) являются причиной изменения окраски поверхностных тканей зерна.

Действительно, если бы мы привели результаты анализа только средних образцов зерна или только фракций с симптомом ЧЗ, это дало бы основание предполагать, что причиной ЧЗ зерна являются грибы *Alternaria*, поскольку они превалировали среди выделенных микроорганизмов

по частоте выделения и по содержанию ДНК. В действительности, сравнение показателей внешне здорового и зерна с ЧЗ опровергает это предположение и показывает как сходство их микробиоты, так и полное отсутствие фитопатогенных грибов в существенной доле семян с симптомами ЧЗ.

Такие же наблюдения опубликованы коллегами из ВНИИФ, которые провели микологический анализ зерна озимой пшеницы из Ростовской, Курской, Волгоградской области и Ставропольского края за период 2014–2020 гг., и показали что при высокой колонизации образцов зерна грибами рода *Alternaria* (48–85 %) они имели хорошие посевные качества, и наличие симптома ЧЗ не зависело от уровня инфицирования (Будынков, Михалева, 2022). Фитопатологический анализ бессимптомных и чернозародышевых зерен яровой пшеницы из Красноярского края выявил у последних значительное превышение зараженности грибами рода *Alternaria* в двух из десяти образцов, а различий по зараженности зерна грибами рода *Bipolaris* между вариантами не обнаружено, только в одном образце всхожесть семян с симптомами была ниже, чем у визуально здоровых (Neshumaeva, 2023). Согласно исследованиям итальянских коллег, проанализировавших 120 образцов твёрдой пшеницы, не были выявлены корреляции между симптомом ЧЗ, инфицированностью зерна грибами *Alternaria* и содержанием их микотоксинов (Masiello et al., 2020).

Однако, к сожалению, большинство исследователей причин ЧЗ и по сей день анализируют зерно и интерпретируют результаты, следуя методическим приёмам и представлениям, которые уже очень давно не считаются научными. Как следствие, в русскоязычных научных публикациях, особенно в многочисленных материалах конференций, авторы продолжают единодушно утверждать, что возбудителями заболевания черный зародыш являются «токсикогенный гриб *Bipolaris sorokiniana* и грибы рода *Alternaria*» (Sisterna, Sarandon, 2005; Лапина и др., 2012; 2020; Жемчужина и др., 2019; Шабатуков и др., 2022; Кирichenko, Торопова, 2024 и др.). Данная бездоказательная информация активно транслируется на сайтах различных организаций, связанных с агропроизводством и продажей средств защиты растений. Более того, большинство сторонников мнения о биотической природе ЧЗ утверждают, что наличие зерен с симптомом приводит к снижению качества зерна и рекомендуют применение химических, биологических средств защиты растений, экстрактов определенных растений для снижения доли чернозародышевых зерен в урожае (Лапина и др., 2012, 2020; Al-Sadi, 2021; El-Gremi et al., 2017).

Другая часть исследователей высказывают предположение, что ЧЗ может быть результатом абиотических стрессов, поскольку симптомы чаще возникают при экстремальных условиях окружающей среды. Показано, что симптом ЧЗ является следствием физиологических реакций, связанных в основном с высокой влажностью во время налива зерна (Fernandez, Conner, 2011). Установлена связь между проявлением ЧЗ и количеством осадков в течение 20–30 дней после цветения (Khani et al., 2018). Исследование влияния осадков в различные периоды после цветения пшеницы в Великобритании, показало, что укрытие от дождя в течение налива зерна снизило, а увлажнение колоса

увеличило симптомы ЧЗ (Yadav, Ellis, 2017). Орошение и внесение удобрений в разные периоды онтогенеза пшеницы влияли на количество, размер зерен и проявление ЧЗ, но результаты были непостоянны в зависимости от года и уровня вносимого азота (Clarke et al., 2004; Sisterna, Sarandon, 2005). Результаты анализа влияния температуры на возникновение ЧЗ иногда противоречат друг другу. Например, Moschini et al. (2006) показали, что высокая температура увеличивает частоту возникновения симптомов. Это не согласуется с выводами других исследователей, которые сообщили, что для возникновения таких симптомов необходима более низкая температура в сочетании с высокой влажностью (Conner, 1989; Fernandez et al., 2000; Kumar et al., 2002; Clarke et al., 2004; Moschini et al., 2006; Walker et al. 2008). Таким образом, исследования показывают, что ЧЗ является результатом абиотических стрессов, поскольку симптом чаще возникает после экстремальных условий окружающей среды.

Многие исследования демонстрируют отсутствие эффекта применения фунгицидов на распространение ЧЗ и косвенно указывают на абиотическую причину возникновения симптома. Согласно Dimmock и Gooding (2002) и Ruske и др. (2003) обработка фунгицидами из классов стробилурины и азолы до появления колоса фактически увеличивает проявление ЧЗ. Одним из обоснований данного феномена может быть то, что обработка фунгицидами приводит к удлинению периода вегетации и к увеличению размера зерна, потенциально снижая концентрацию белка за счёт дополнительного образования углеводов, что может быть фактором риска для повышенного проявления симптома ЧЗ (Williamson, 1997; Dimmock, Gooding, 2002; Clarke et al., 2004). Ряд исследований показал, что величина и вес зерна положительно связаны с проявлением ЧЗ (Lorenz, 1986; Crome, Mulholland, 1988; Sesiz, 2023; Sisterna, Sarandon, 2005). Таким образом, современные технологии выращивания пшеницы с интенсивным применением фунгицидов во время формирования зерна могут усугублять проблему с ЧЗ.

Использование в последние годы высокотехнологичных и объективных методов анализа принесло новый взгляд на рассматриваемое явление и всё больше подтверждает стрессовую природу ЧЗ, как изменение цвета покровных слоев формирующейся зерновки под воздействием абиотических факторов. В том числе, проявление ЧЗ связывают с активностью ферментов, например, пероксидазы и полифенолоксидазы, которые катализируют окисление фенольных соединений, приводящее к образованию окрашенных продуктов в зерне (меланинов и хинонов) (Williamson, 1997; Wei et al. 2015; Qu et al., 2024).

Однако в другом исследовании не выявлено четкой связи между активностью пероксидазы и потемнением оболочки (Cipollone et al., 2020). Чтобы установить причину потемнения оболочек зерна были измерены спектры поглощения в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном свете экстрактов, полученных из тёмных частей зерен и аналогичной части зерен без черноты у восприимчивых генотипов пшеницы, инокулированных грибом *B. sorokiniana* (Li et al., 2020). Авторы показали, что тёмный пигмент, приводящий к симптому ЧЗ, не связан с присутствием *B. sorokiniana*, может быть получен *in vitro*

в зернах пшеницы с добавлением фенольного субстрата (катехина) и перекиси водорода.

На сегодняшний день точно известно, что существует генетическое разнообразие устойчивости сортов пшеницы к проявлению симптома ЧЗ (Conner, Thomas, 1985; Lehmensiek et al., 2004; Christopher et al., 2007; Sissons et al., 2010; Fernandez et al., 2011; Xu et al., 2018; Мальчиков и др., 2022; Qu et al., 2024). Согласно исследованиям, проведённым в Китае в 2010–2012 гг., 62.5 % из 403 генотипов пшеницы были классифицированы как восприимчивые к проявлению ЧЗ в полевых условиях (Li et al., 2014). В Турции среди 200 сортов мягкой пшеницы 6 % не проявляли симптом ЧЗ (Sesiz et al., 2023). В Самарском НИИСХ, анализ 62 сортов твердой яровой пшеницы позволил выявить достоверное влияние генотипа растения на формирование зерна с ЧЗ: вклад показателя в дисперсию признака составил 8.2 % (Мальчиков и др., 2022).

Китайские исследователи провели анализ устойчивости к ЧЗ 166 сортов пшеницы и идентифицировали 25 уникальных локусов, наибольшее количество которых

было обнаружено в геноме A (11), за которым следовали геномы B (10) и D (4) (Liu et al., 2017). Результаты картирования показывают возможности маркер-ассоциированной селекции в генетическом улучшение устойчивости к ЧЗ пшеницы (Liu et al., 2021; Qu et al., 2024). Для селекции устойчивых к ЧЗ сортов решающее значение имеет создание генотипов с большим количеством аллелей устойчивости, вовлеченных в защитные механизмы ответа растений на различные внешние факторы, включая биотический и абиотический стрессы. Таким образом, не существует единой причины возникновения ЧЗ пшеницы, а в основе лежат сложные биохимические процессы, требующие тщательного экспериментального анализа.

В дальнейшем было бы полезно установить локализацию пигмента (внутри клеток зерновки, в межклеточном пространстве), а также охарактеризовать структуру меланинов и хинонов, используя современные методы исследований (хроматография, масс-спектрометрия и др.), выяснить их функции и механизмы образования.

Заключение

Наши результаты достоверно показывают, что внешне здоровые зерна и зерна с явными симптомами ЧЗ, имеют сходные показатели всхожести, массы 1000 зерен и инфицирования различными грибами. Сравнительный анализ содержания ДНК доминирующих групп грибов *Alternaria* и *Fusarium* в разных фракциях зерна и не выявил более высокого количества ДНК грибов во фракции зерна с ЧЗ. Полученные результаты однозначно показывают отсутствие связи симптома ЧЗ с присутствием грибов в тканях зерновки. Наиболее вероятной причиной его проявления являются абиотические факторы.

По нашему мнению, ЧЗ не является симптомом заболевания растения, вызываемого грибами, а является результатом изменения физиологических процессов под действием абиотических факторов, индуцирующих синтез темного пигмента в восприимчивых генотипах и не приводящих

к критически важным нарушениям жизнедеятельности растения.

Данный симптом нельзя воспринимать как ухудшающий характеристики семенного и продовольственного зерна пшеницы и, следовательно, показатель «белизна» получаемой из него муки не отражает её качество, что должно стать обнадеживающей информацией для пищевой промышленности. Важной проблемой является существующее нормирование зерна с ЧЗ. К сожалению, действующие ГОСТы не являются научно-обоснованными документами; сформированные много лет назад, они формально обновляются, без учёта современных знаний, методов и инструментария. Существует насущная необходимость в разработке новых нормативных документов, с приведением их содержания в соответствие с накопленной научной информацией и отвечающих потребностям общества.

Благодарности

Работа проводилась с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием «Инновационные технологии защиты растений» ФГБНУ ВИЗР. Авторы благодарят лаборанта-исследователя ФГБНУ ВИЗР Е.П. Арабину за помощь в проведённых исследованиях.

Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту FGEU-2025-0005.

Библиографический список (References)

- Будынков НИ, Михалева СН (2022) Мониторинг альтернариевых грибов на зерне озимой пшеницы в хозяйствах юга России (2014–2020 гг.). *Агрохимия* 2:76–82. <https://doi.org/10.31857/S0002188122020041>
- Гагкаева ТЮ, Гаврилова ОП, Левитин ММ, Новожилов КВ (2011) Фузариоз зерновых культур. *Защита и карантин растений* (S5):59–120. <http://www.z-i-k-r.ru/interest/fuzarioz.pdf>
- Ганнибал ФБ (2014) Альтернариоз зерна – современный взгляд на проблему. *Защита и карантин растений* (6):11–15
- Ганнибал ФБ (2018) Изучение факторов, влияющих на развитие альтернариоза зерна у злаков, возделываемых в Европейской части России. *Сельскохозяйственная биология* 53(3):605–615. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.3.605rus>
- ГОСТ 26574–2017. Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2018. <https://meganorm.ru/Data2/1/4293742/4293742186.pdf>
- ГОСТ 9353–2016. Пшеница. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. <https://meganorm.ru/Data2/1/4293751/4293751950.pdf>
- ГОСТ ISO 520–2014. Зерновые и бобовые. Определение массы 1000 зерен. Москва, Стандартинформ, 2015. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293771/4293771423.pdf>
- Жемчужина НС, Киселева МИ, Лапина ВВ, Елизарова СА (2019) Патогенные и фитотоксические свойства возбудителей корневой гнили и черного зародыша зерновых культур в некоторых районах России. *Аграрная наука* (S1):142–147 <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-142-147>

- Кармач АА, Иванова ДА (2024) Встречаемость грибов р. *Nigrospora* на семенах зерновых культур западной Сибири и их чувствительность к ряду проправителей. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции Сибирской научной школы по защите растений, посвященной 90-летию со дня рождения В.А. Чулкиной. 46–51. https://elibrary.ru/download/elibrary_65614703_88289620.pdf
- Кириченко АА (2005) Биологические особенности возбудителей черноты зародыша зерновых культур в лесостепи Приобья. *Вестник НГАУ* 2(3):41–45. https://elibrary.ru/download/elibrary_11769896_22778146.pdf
- Кириченко АА, Торопова ЕЮ (2024) Мониторинг черноты зародыша зерна яровой пшеницы в лесостепи Новосибирской Области. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции Сибирской научной школы по защите растений, посвященной 90-летию со дня рождения В.А. Чулкиной. 55–59. https://elibrary.ru/download/elibrary_65614703_88289620.pdf
- Лапина ВВ (2012) Снижение вредоносности черного зародыша яровой пшеницы. *Вестник Саратовского госаграрного университета им. Н.И. Вавилова* 5:28–30
- Лапина ВВ, Савельев АС, Бочкарев ДВ, Недайборщ ЮН (2020) Распространенность и вредоносность черного зародыша зерновых культур. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета* 6 (188):13–20
- Мальчиков ПН, Чахеева ТВ, Мясникова МГ (2022) Исходный материал яровой твердой пшеницы для селекции сортов устойчивых к патогенам, вызывающим почернение зародыша зерна. *Российская сельскохозяйственная наука* 5:13–18. <https://doi.org/10.31857/S2500262722050039>
- Орина АС, Гаврилова ОП, Гагкаева ТЮ (2023) Характеристика физиолого-биохимических свойств гриба *Nigrospora gorlenkoana* Novobr., распространенного на зерновых культурах в России. *Известия РАН. Серия биологическая* 5:1–14. <https://doi.org/10.31857/S1026347022600546>
- Орина АС, Гаврилова ОП, Гагкаева ТЮ, Ганнибал ФБ (2020) Микромицеты *Alternaria* spp. и *Bipolaris sorokiniana* и микотоксины в зерне, выращенном в Уральском Федеральном Округе. *Микология и фитопатология* 54(5):365–377. <https://doi.org/10.31857/S0026364820050086>
- Сорокин НВ (1890) О некоторых болезнях культурных растений Южно-Уссурийского края. *Труды Общества Естеств. при Казанском Университете*. Казань: Тип. Казанского университета. 32 с.
- Шабатуков АХ, Хромова ЛМ, Кимова ДА (2022) Видовой состав и частота встречаемости фитопатогенов на посевах озимой пшеницы. *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН* 4(108):74–83. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2022-4-108-74-83>
- Al-Sadi AM (2021) *Bipolaris sorokiniana*-induced black point, common root rot, and spot blotch diseases of wheat: a review. *Front Cell Infect Microbiol* 11:584899. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.584899>
- Brennan JM, Fagan B, van Maanen A, Cooke BM et al (2003) Studies on *in vitro* growth and pathogenicity of European *Fusarium* fungi. *Eur J Plant Pathol* 109(6):577–587. <https://doi.org/10.1023/A:1024712415326>
- Chavez A, Kohli M (2013) Identification of fungi in black point disease of wheat. *Investigación Agraria* 15(2):133–137
- Christopher MJ, Williamson PM, Michalowitz M, Jennings R et al (2007) Simple sequence repeat markers associated with three quantitative trait loci for black point resistance can be used to enrich selection populations in bread wheat. *Aus J Agric Res* 58(9):867–873. <https://doi.org/10.1071/AR05435>
- Cipollone MJ, Moya P, Martínez I, Saparrat M et al (2020) Grain discoloration in different genotypes of durum wheat (*Triticum durum* L.) in Argentina: associated mycobiota and peroxidase activity. *J Plant Prot Res* 60(1):14–20. <https://doi.org/10.24425/jppr.2020.132200>
- Clarke MP, Gooding MJ, Jones SA. (2004) The effects of irrigation, nitrogen fertilizer and grain size on Hagberg falling number, specific weight and black point of winter wheat. *J Sci Food Agric* 84:227–236. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1657>
- Conner RL (1989) Influence of irrigation and precipitation on incidence of black point in soft white spring wheat. *Can J Plant Pathol* 11:388–392
- Conner RL, Hwang SF, Stevens RR (1996) *Fusarium proliferatum*: a new causal agent of black point in wheat. *Can J Plant Pathol* 18:419–423. <https://doi.org/10.1080/07060669609500598>
- Conner RL, Thomas JB (1985) Genetic variation and screening techniques for resistance to black point in soft white spring wheat. *Can J Plant Pathol* 74:402–407. <https://doi.org/10.1080/07060668509501669>
- Cromey MG, Mulholland RI (1988) Blackpoint of wheat: fungal associations, cultivar susceptibility, and effects on grain weight and germination. *New Zeal J Agr Res* 31:51–56. <https://doi.org/10.1080/00288233.1988.10421363>
- Desjardins AE, Busman M, Proctor RH, Stessman R (2007) Wheat kernel black point and fumonisin contamination by *Fusarium proliferatum*. *Food Addit Contam* 24(10):1131–1137. <https://doi.org/10.1080/02652030701513834>
- Dimmock JP, Gooding MJ (2002) The effects of fungicides on Hagberg falling numbers and blackpoint of wheat. *Crop Protect* 21:475–487. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(01\)00135-1](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00135-1)
- El-Gremi SM, Draz IS, Youssef WAE. (2017) Biological control of pathogens associated with kernel black point disease of wheat. *Crop Prot* 91:13–19. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.08.034>
- Ellis MB (1971) Dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute: Kew, Surrey, UK. 608 p.
- European Union Reference Laboratory for Genetically Modified Food and Feed. Event-specific method for the quantitation of maize line NK603 using real-time PCR – Protocol, 2005, 17p.
- Fernandez MR, Clarke JM, Depauw RM, Irvine RB et al (2000) Black point reaction of durum and common wheat cultivars grown under irrigation in southern Saskatchewan. *Plant Dis* 84:892–894. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.8.892>
- Fernandez MR, Conner RL (2011) Black point and smudge in wheat. *Prairie Soils and Crops* 4: 158–164
- Fernandez MR, Sissons M, Conner RL, Wang H et al (2011) Influence of biotic and abiotic factors on dark discoloration of durum wheat kernels. *Crop Science* 51(3):1205–1214. <https://doi.org/10.2135/cropsci2010.07.0433>
- Gagkaeva T, Gavrilova O, Orina A, Lebedin Y et al (2019) Analysis of toxicogenic *Fusarium* species associated with wheat grain from three regions of Russia: Volga, Ural, and West Siberia. *Toxins* 11(5): 252. <https://doi.org/10.3390/toxins11050252>

- Gerlach W, Nirenberg HI (1982) The genus *Fusarium* – a pictorial atlas. Berlin: Dahlem, 406 p.
- Golosna L (2022) Mycobiota of wheat seeds with signs of “black point” under conditions of Forest-Steppe and Forest Zones of Ukraine. *Chemistry Proceedings* 10(1):93. <https://doi.org/10.3390/IOCG2022-12236>
- Khani M, Cheong J, Mrva K, Mares D (2018) Wheat black point: Role of environment and genotype. *J Cereal Sci* 82:25–33. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.04.012>
- Kumar J, Schafer P, Huckelhoven R, Langen G et al (2002) *Bipolaris sorokiniana*, a cereal pathogen of global concern: cytological and molecular approaches towards better control. *Mol Plant Pathol* 3:185–195. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2002.00120.x>
- Lehmensiek A, Campbell AW, Williamson PM, Michalowitz M et al (2004) QTLs for black-point resistance in wheat and the identification of potential markers for use in breeding programmes. *Plant Breeding* 123:410–416. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2004.01013.x>
- Li Q, Xu K, Wang S, Li M et al (2020) Enzymatic browning in wheat kernels produces symptom of black point caused by *Bipolaris sorokiniana*. *Front Microbiol* 11:526266. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.526266>
- Li QY, Qin Z, Jiang YM, Shen CC et al (2014) Screening wheat genotypes for resistance to black point and the effects of diseased kernels on seed germination. *J Plant Dis Prot* 121:79–88. <https://doi.org/10.1007/BF03356495>
- Liu C, Song J, Liu S, Liu J et al. (2021) Molecular mapping and characterization of QBp.caas-3BL for black point resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor Appl Genet* 134:3279–3286. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03893-0>
- Liu J, He Z, Rasheed A, Wen W et al (2017) Genome-wide association mapping of black point reaction in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *BMC Plant Biol* 17(1):220. <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1167-3>
- Lorenz K (1986) Effects of blackpoint on grain composition and baking quality of New Zealand wheat. *New Zealand J Agri Res* 29(4): 711–718. <https://doi.org/10.1080/00288233.1986.10430468>
- Masiello M, Somma S, Susca A, Ghionna V et al (2020) Molecular identification and mycotoxin production by *Alternaria* species occurring on durum wheat, showing black point symptoms. *Toxins* 12:275. <https://doi.org/10.3390/toxins12040275>
- Mónaco C, Sisterna M, Perelló A, Bello GD (2004) Preliminary studies on biological control of the black point complex of wheat in Argentina. *World J Micro Biotechn* 20:285–290. <https://doi.org/10.1023/B:WIBI.0000023835.05701.10>
- Moschini RC, Sisterna MN, Carmona MA (2006) Modelling of wheat black point incidence based on meteorological variables in the southern Argentinean Pampas region. *Aus J Agric Res* 57(11):1151–1156. <https://doi.org/10.1071/ar05275>
- Neshumaeva NA (2003) Black germ of wheat in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe. *BIO Web of Conferences* 71(2): 01095. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237101095>
- Pavón MÁ, González I, Martín R, García et al (2012) ITS-based detection and quantification of *Alternaria* spp. in raw and processed vegetables by real-time quantitative PCR. *Food Microbiol* 32(1):165–171. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.05.006>
- Qu K, Yin Z, Gao C, Song G et al (2024) Mutagenesis-derived resistance to black point in wheat. *Plant Dis* 108(4):899–907. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-23-1369-RE>
- Rees RG, Martin DJ, Law DP (1984) Black point in bread wheat: effects on quality and germination, and fungal associations. *Aust J Exp Agric Anim Husb* 24(127):601–605. <https://doi.org/10.1071/EA9840601>
- Ruske R, Gooding M, Jones S (2003) The effects of adding picoxystrobin, azoxystrobin and nitrogen to a triazole programme on disease control, flag leaf senescence, yield and grain quality of winter wheat. *Crop Protection* 22:975–987. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00113-3](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00113-3)
- Samson RA, Hoekstra ES, Frisvad JC, Filtenborg O (2002) Introduction to food- and airborne fungi. Sixth Ed. Centraalbureau Voor Schimmelcultures. Utrecht. The Netherlands, 389 p.
- Sesiz U (2023) The screening of black point in commercial bread wheat cultivars grown in Turkey, and the effect of black point on thousand grain weight. *Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 28(1):230–238. <https://doi.org/10.53433/yyufbed.1170102>
- Sissons M, Sissons S, Egan N (2010) The black point status of selected tetraploid species and Australian durum wheat and breeding lines. *Crop Sci* 50:1279–1286. <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.08.0439>
- Sisterna MN, Sarandon SJ (2005) Preliminary studies on the natural incidence of wheat black point under different fertilization levels and tillage systems in Argentina. *Plant Pathol J* 4:26–28. <https://doi.org/10.3923/ppj.2005.26.28>
- Walker KR, Able JA, Mather DE, Able AJ (2008) Black point formation in barley: environmental influences and quantitative trait loci. *Aus J Agric Res* 59(11):1021–1029. <https://doi.org/10.1071/ar08074>
- Wei J, Geng H, Zhang Y, Liu J et al (2015) Mapping quantitative trait loci for peroxidase activity and developing gene-specific markers for TaPod-A1 on wheat chromosome 3AL. *Theor Appl Genet* 128(10):2067–2076. <https://doi.org/10.1007/s00122-015-2567-0>
- Williamson PM (1997) Black point of wheat: *in vitro* production of symptoms, enzymes involved, and association with *Alternaria alternata*. *Aust J Agric Res* 48:13–19. <https://doi.org/10.1071/A96068>
- Xu KG, Jiang YM, Li YK, Xu QQ et al (2018) Identification and pathogenicity of fungal pathogens causing black point in wheat on the North China Plain. *Indian J Microbiol* 58(2):159–164. <https://doi.org/10.1007/s12088-018-0709-1>
- Yadav G, Ellis RH (2017) Effects of rain shelter or simulated rain during grain filling and maturation on subsequent wheat grain quality in the UK. *J Agric Sci* 155(2):300–316. <https://doi.org/10.1017/S0021859616000411>

Translation of Russian References

- Budynkov NI, Mihaleva SN (2022) Monitoring of *Alternaria* fungi on winter wheat in farms of southern Russia (2014–2020). *Agrohimiya* 2:76–82. <https://doi.org/10.31857/S0002188122020041>
- Gagkaeva TYu, Gavrilova OP, Levitin MM, Novozhilov KV (2011) Fusarium of cereal crops. *Zaschita i Karantin Rasteniy* (S5):59–120. <http://www.z-i-k-r.ru/interest/fuzarioz.pdf>

- Gannibal FB (2014) Alternaria of grain – a modern view of the problem. *Zaschita i Karantin Rasteniy* (6):11–15
- Gannibal FB (2018) Studies of factors influencing the development of grain alternation and cereals grown in the European part of Russia. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya* 53(3):605–615. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.3.605rus>
- GOST 26574–2017. Bakery wheat flour. Technical conditions. M.: Standartinform, 2018. <https://meganorm.ru/Data2/1/4293742/4293742186.pdf>
- GOST 9353–2016. Wheat. Technical requirements. M.: Standartinform, 2019. <https://meganorm.ru/Data2/1/4293751/4293751950.pdf>
- GOST ISO 520–2014. Grains and beans. Definition of 1000-grain mass. Moscow, Standartinform, 2015. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293771/4293771423.pdf>
- Zhemchuzhina NS, Kiseleva MI, Lapina VV, Elizarova SA (2019) Pathogenic and phytotoxic properties of root rot and black rot of grain crops in some regions of Russia. *Agrarnaya nauka* (S1):142–147. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-142-147>
- Karmach AA, Ivanova DA (2024) Most common fungi *Nigrospora* genus on grain crops of Western Siberia and their sensitivity to pesticides. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference of the Siberian Scientific School on Plant Protection, celebrated the 90th anniversary of V.A. Chulkina birthday. 46–51. https://elibrary.ru/download/elibrary_65614703_88289620.pdf
- Kirichenko AA (2005) Biological characteristics of pathogens causing black point in grain crops in the forest-steppe of the Ob region. *Vestnik NGAU* 2(3):41–45. https://elibrary.ru/download/elibrary_11769896_22778146.pdf
- Kirichenko AA, Toropova EYU (2024) Monitoring black point of spring wheat grain in the forest steppes of Novosibirsk Oblast. Collected papers from the All-Russian
- scientific-practical conference of the Siberian scientific school on plant protection, dedicated to the 90th anniversary of V.A. Chulkina birthday. 55–59. https://elibrary.ru/download/elibrary_65614703_88289620.pdf
- Lapina VV (2012) Reduction of damage caused by black point of spring wheat. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova* 5:28–30
- Lapina VV, Savel'ev AS, Bochkarev DV, Nedajborshch YUN (2020) Prevalence and damage caused by black point of cereal crops. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* 6 (188):13–20
- Mal'chikov PN, Chaheeva TV, Myasnikova MG (2022) Extractive material of spring wheat for selection of varieties resistant to pathogens causing darkening of grain. *Russian Agricultural Science* 5:13–18. <https://doi.org/10.31857/S2500262722050039>
- Orina AS, Gavrilova OP, Gagkaeva TYu (2023) Physiological and biochemical characters of *Nigrospora gorlenkoana* Novobr. occurring on cereals. *Biology Bulletin* 50:749–761. <https://doi.org/10.1134/S1062359023602550>
- Orina AS, Gavrilova OP, Gagkaeva TYu, Gannibal FB (2020) *Micromycetes Alternaria* spp. and *Bipolaris sorokiniana* and mycotoxins in the grain from the Ural Region. *Mikologiya i fitopatologiya* 54(5):365–377. <http://doi.org/10.31857/S0026364820050086>
- Sorokin NV (1890) About some diseases of plant cultures of South-Ussurian region. *Trudy Obshchestva Estestv. pri Kazanskogo Universitete. Kazan': Tip. Kazanskogo Universiteta.* 32 s.
- Shabatukov AH, Hromova LM, Kimova DA (2022) Species composition and frequency of occurrence of phytopathogens in winter wheat. *News of Kabardino-Balkar Scientific Center RAN* 4(108):74–83. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2022-4-108-74-83>

Plant Protection News, 2025, 108(4), p. 236–244

OECD+WoS: 1.06+RQ (Mycology)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-4-17339>

Full-text article

BLACK POINT IN WHEAT: REALITY VS STEREOTYPES

T.Yu. Gagkaeva*, O.P. Gavrilova, A.S. Orina, Ph.B. Gannibal

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

*corresponding author, e-mail: t.gagkaeva@mail.ru

The “black point” symptom is a common discoloration of wheat and barley grain observed in most regions worldwide where these crops are grown. There are strict standards for the content of black point grains in batches of food wheat both in Russia and abroad. The mechanisms involved in the appearance of dark pigment have not yet been fully elucidated. In this study, an analysis of average samples of commercial batches of winter wheat from the Central Federal District of the 2024 harvest was carried out, where the proportion of visually detected grains with black point ranged from 4 to 27%. According to the obtained results, the percentage of fungal infection, the taxonomic composition of mycobiota and the DNA content of the two dominant fungal groups *Alternaria* and *Fusarium* were highly similar in the fractions of visually healthy grain and grain with black point. In our opinion, this symptom is caused by abiotic environmental factors leading to physiological darkening of grain tissues, and with a high degree of certainty can be attributed to wheat diseases, the harmfulness of which has not been proven.

Keywords: harmfulness, fungal DNA, grain, quantitative PCR, mycology, disease symptoms, physiology

Submitted: 04.09.2025

Accepted: 28.11.2025