

ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ЯРОВОЙ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ УСТОЙЧИВЫХ К ПАТОГЕНАМ, ВЫЗЫВАЮЩИМ ПОЧЕРНЕНИЕ ЗАРОДЫША ЗЕРНА

П. Н. Мальчиков, Т. В. Чахеева, М. Г. Мясникова

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова,
446254, Самарская обл., Безенчукский р-н, пос. Безенчук, ул. К. Маркса, 41
E-mail: samniish@mail.ru

Исследования проводили с целью определения вклада генотипа и среды в формирование зерна с чёрным зародышем и идентификации сортов устойчивых к патогенам этого заболевания. Работу выполняли в условиях Самарской области. В 2015–2021 гг. были изучены 13 сортов и селекционных линий конкурсного сортоиспытания (КСИ): Харьковская 46, Безенчукская 139, Безенчукская 182, Безенчукская степная, Памяти Чеховича, Марина, Безенчукская 205, Безенчукская 209, Безенчукская нива, Безенчукская 210, Безенчукская золотистая, 1307д-51, 1389да-1. Дополнительно в 2019, 2020 гг. изучены 26 сортов питомника КАСИБ (Казахстанско-Сибирская селекция яровой пшеницы), в 2014, 2018 гг. 23 образца коллекции из разных стран. КСИ проводили на делянках 20,0 м² в 5-и повторениях, изучение в питомнике КАСИБ и коллекции – на делянках 10,0 м² в 2...3 повторениях. Пробы зерна для анализа отбирали с каждого повторения. Анализируемый образец включал 500 зёрен. Определяли распространённость (%) зерен с черным зародышем. Условия среды вносили наибольший вклад в дисперсию признака – 55,7 %, факторы генотипа и генотип/средовых взаимодействий также были значимы, их влияние составило 8,2 % и 28,7 % соответственно. По абсолютным значениям устойчивости и стабильности в КСИ выделены Харьковская 46, Безенчукская 139, Безенчукская 182, Марина. Сумма рангов по устойчивости и стабильности у этих сортов составила 10...17 баллов, у неустойчивых – 35...52. Наиболее перспективен по комплексу признаков (сумма рангов 10) сорт Марина. В питомнике КАСИБ выделены устойчивые (0,0...0,25 %) генотипы из Сибири (Гордеиформе 910, Гордеиформе 08-25-2, Гордеиформе 08-107-5), Поволжья (1963Д-71, 2021Д-1) и Урала (Меляна), в коллекционном питомнике идентифицированы высокоустойчивые (0,0 %) генотипы из Италии (ISD19, ISD20, ISD22, Achille, Grecalle, Odisseo) и Австрии (Duroflaus, Duromax).

SOURCE MATERIAL OF SPRING DURUM WHEAT FOR BREEDING VARIETIES RESISTANT TO PATHOGENS THAT CAUSE BLACKENING OF THE GRAIN GERM.

Mal'chikov P. N., Chakheeva T. V., Myasnikova M. G.

Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Samara Scientific Research Agriculture Institute named after N. M. Tulaykova,
446254, Samarskaya obl., Bezenchukskii r-n, pos. Bezenchuk, ul. K. Marksa, 41
E-mail: samniish@mail.ru

The purpose of the research is to determine the contribution of the genotype and environment to the formation of grain with a black germ and to identify varieties resistant to black germ pathogens. The studies were carried out at the Samara Research Institute of Agriculture. In 2015–2021 studied 13 varieties and breeding lines of competitive variety testing (CVT): Kharkivskaya 46, Bezenchukskaya 139, Bezenchukskaya 182, Bezenchukskaya stepnaya, Pamyaty of Chekhovich, Marina, Bezenchukskaya 205, Bezenchukskaya 209, Bezenchukskaya niva, Bezenchukskaya 210, Bezenchukskaya zolotistaya, 1307d-51, 1389DA-1. Additionally, in 2019, 2020, 26 varieties of the KASIB nursery (Kazakhstan-Siberian selection of spring wheat) were studied, and in 2014, 2018, 23 samples of the collection from different countries. CVT was studied on plots of 20.0 m² in 5 replication, KASIB and the collection on plots of 10.0 m² in 2-3 replication. Grain samples for analysis were taken from each replication. The analyzed sample included 500 grains. The prevalence (%) of grains with a black germ was determined. The reliability of the influence of factors on the spread of the black embryo was determined using analysis of variance, the parameters of adaptability and stability according to A. V. Kilchevsky, L. V. Khotyleva. Environmental conditions made the greatest contribution to the variance of the trait – 55.7%, genotype factors and genotype/environmental interactions were also significant, their influence was 8.2% and 28.7%, respectively. According to the absolute values of stability and stability in CVT, Kharkivskaya 46, Bezenchukskaya 139, Bezenchukskaya 182, Marina stood out. The sum of ranks for resistance and stability in these varieties was 10–17 points, in unstable varieties from 35–52. The most promising in terms of a set of characteristics (the sum of ranks is 10) is the Marina variety. Resistant (0.0–0.25%) genotypes from Siberia (Gordeiforme 910, Gordeiforme 08-25-2, Gordeiforme 08-107-5), Volga region (1963D-71, 2021D-1), Ural region (Melyana), highly resistant (0.0%) genotypes from Italy (ISD19, ISD20, ISD22, Achille, Grecalle, Odisseo), Austria (Duroflaus, Duromax) were identified in the collection nursery.

Ключевые слова: твердая пшеница (*Triticum durum*), сорт, патогены черного зародыша, устойчивость, генотип-средовое взаимодействие, стабильность, источники устойчивости.

Key words: durum wheat (*Triticum durum*), cultivar, black germ pathogens, resistance, genotype-environment interaction, stability, sources of resistance.

Чёрный зародыш – патология, которая наблюдается во всех регионах возделывания яровой твёрдой пшеницы [1]. Заболевание вызывают такие возбудители, как *Alternaria tritricina* (Pras.), *Alternaria tenuis* (Fr.), *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs (anamorph *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoemaker), *Bipolaris*

sorokiniana (Sacc.) Shoemaker [2]. Признаками болезни служат бурая, тёмно-коричневая или даже чёрная окраска оболочек зародышевого конца зерна. Сам зародыш при этом часто остается неповрежденным. Поражение зерна происходит в поле во время формирования и созревания зерна и у твердой пшеницы, которая по-

ражается сильнее, чем мягкая, может достигать 12...33 %. Болезнь чаще проявляется на сортах с растянутым периодом созревания. В колоске наиболее подвержены поражению первые и вторые зерна — более крупные, содержащие больше влаги и медленнее созревающие. Сильнее всего от чёрного зародыша страдают семена из средней части колоса [3].

Мука из зерна, поражённого чёрным зародышем, имеет чёрные вкрапления (спексы), что значительно снижает ее ценность при производстве хлебных и макаронных изделий. Кроме того, оно теряет классность, следовательно, значительно уменьшается цена реализации [1].

Меры борьбы с распространением заболевания предусматривают сбор семян с наименее поражённых участков, их очистку, калибровку, протравливание, соблюдение севооборота, сроков посева, режимов обработки почвы. Первостепенные задачи — производство здоровых семян, то есть защита колоса фунгицидными препаратами в период вегетации, и создание устойчивых сортов [4, 5].

Цель исследований — определить вклад генотипа и среды в формирование зерна с чёрным зародышем и идентифицировать сорта устойчивые к патогенам чёрного зародыша.

Методика. Работу проводили на экспериментальном поле Самарского НИИСХ — филиала Самарского НЦ РАН в многолетнем опыте в 2015–2021 гг. В качестве основного объекта исследований были взяты 13 сортов и селекционных линий яровой твёрдой пшеницы Самарского НИИСХ, изучавшихся в этот период в конкурсном сортоиспытании: Харьковская 46, Безенчукская 139, Безенчукская 182, Безенчукская степная, Памяти Чеховича, Марина, Безенчукская 205, Безенчукская 209, Безенчукская нива, Безенчукская 210, Безенчукская золотистая и линии 1307д-51, 1389да-1. Кроме того, в 2019–2020 гг. были изучены 26 сортов по программе КАСИБ (Казахстанско-Сибирская селекция яровой пшеницы), а также в 2014 и 2018 гг. набор образцов коллекции из разных стран в количестве 23 образцов.

Условия среды в периоды налива, созревания зерна и уборки, если судить по количеству осадков, отличались достаточным разнообразием. Наиболее благоприятный фон для развития чёрного зародыша сложился в 2015 и 2018 гг., особенно в 2015 г., когда жаркая сухая погода в период цветения и начала формирования зерна сменилась обильными осадками и снижением температуры. В 2016 и 2017 гг. инфекционный фон был незначителен, среднее наличие зерен с чёрным зародышем в эти годы составило 1,33 и 0,56 % соответственно. В 2014, 2019, 2020, 2021 гг. инфекционный фон и распространение заболевания в среднем на уровне 2,76; 1,42; 1,13 и 2,07 % и генотипическими коэффициентами вариации 85,5; 133,6; 109,1 и 97,3 % соответственно, были достаточными для дифференциации генотипов по степени устойчивости.

Полевые эксперименты в КСИ выполняли в соответствии с общими требованиями к полевому эксперименту [6]. Сорта высевали на делянках с учетной площадью 20,0 м² в пяти повторениях с рендомизированным размещением в блоках. Питомники КАСИБ и коллекцию высевали на делянках 10 м² в двух-трёх повторениях. Посев проводили в оптимальные сроки по чистому пару, нормой высева 400 шт. всхожих зерен на 1,0 м², рекомендованной для твёрдой пшеницы. Пробы зерна для анализа отбирали с каждого повторения. Анализируемый образец включал 500 зёрен. Наличие чёрного зародыша определяли визуально, к числу поражённых относили все зёрна с потемнением или окрашиванием в

зоне зародыша независимо от интенсивности, что соответствует термину «распространение заболевания» [5]. К этой же группе относили зёрна с окрашенным (тёмным) перикарпом. Долю повреждённого зерна, выраженную в процентах, использовали для характеристики распространения чёрного зародыша.

Результаты исследований за 7 лет обрабатывали методом двухфакторного дисперсионного анализа [6] с определением эффектов среды, генотипа и их взаимодействия на проявление чёрного зародыша, а также параметров адаптивности и стабильности А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой [7]. Экспериментальные данные, полученные в питомнике КАСИБ и коллекционном питомнике анализировали методом однофакторного дисперсионного анализа [6].

Результаты и обсуждение. Наибольший эффект на распространённость чёрного зародыша оказал фактор «год» (среда), его доля в изменчивости признака составила 55,7 %. Доли влияния генотипа и взаимодействия «генотип-среда» составили 8,2 % и 28,7 % соответственно (табл. 1).

Табл. 1. Эффекты (SS), их значимость (Фкр.) и доля (%) влияния генотипа, среды (год) и их взаимодействия на проявление чёрного зародыша (Безенчук, 2015–2021 гг.)

Источники	SS	Фкр.	Доля изменчивости, %
Сорт (А)	738,366	18,0	8,2
Год (В)	5005,421	244,4	55,7
Взаимодействие (А+В)	2576,208	10,480	28,7
Сумма эффектов А+АВ	3314,6		37
Ошибка (Z)	658		7,3

Существенный вклад «генотип-средовых» взаимодействий в вариацию проявления чёрного зародыша, позволяет предположить возможность создания сортов с минимальным поражением зерна при определённом сочетании условий среды. Также можно предположить вероятность возникновения трансгрессий по формированию стабильной устойчивости к патогенам «чёрного зародыша».

Результаты оценки сортов в зависимости от условий года свидетельствуют о том, что в 2015 г. наблюдали очень сильное проявление чёрного зародыша. Наиболее высоким оно было у сортов Безенчукская 210 (37,33 %), Безенчукская степная (21,33 %), Памяти Чеховича (19,33 %) и Безенчукская золотистая (18,67 %). В 2018 г. также благоприятном для развития заболевания, высокая частота зерен с чёрным зародышем отмечена у Безенчукской золотистой, Безенчукской нивы, Безенчукской 205, 1307д-51. В 2019 г., в группу с высоким поражением вошли Харьковская 46, Памяти Чеховича, Безенчукская 205, Безенчукская 209, в 2020–2021 гг. — Безенчукская степная, Безенчукская золотистая и Безенчукская 205. В 2016 и 2017 гг. достоверных различий между сортами не обнаружено (табл. 2).

Результаты исследований позволили распределить сорта по частоте развития чёрного зародыша в среднем за годы изучения на три группы. В группу наиболее устойчивых вошли Марина, Безенчукская 139 и Безенчукская 182, среднеустойчивых — Харьковская 46, Безенчукская 209, Безенчукская 205, Безенчукская нива, 1307д-51, 1389да-1, восприимчивых — Безенчукская 210, Безенчукская золотистая, Безенчукская степная, Памяти Чеховича.

Для полноценной характеристики устойчивости генотипов при отсутствии полностью иммунных со-

Табл. 2. Частота поражения зерна (доля поражённых зерен) сортов яровой твёрдой пшеницы патогенами, вызывающими чёрный зародыш (2015–2021 гг.), %

Сорт	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Средняя
Харьковская 46	6,67	1,67	0,33	0,33	5,00	0,33	0,33	2,09
Безенчукская 139	6,00	0,33	0,33	0,33	2,33	0	1,33	1,52
Безенчукская 182	6,00	0,33	0,33	0,33	0	0	0,33	1,05
Безенчукская степная	21,33	1,0	1,0	2,67	1,33	4,0	5,0	5,19
Памяти Чеховича	19,33	2,0	1,67	3,67	4,33	2,33	2,0	5,05
Марина	5,33	0,33	0,33	3,67	1,33	1,0	0,33	1,76
Безенчукская 205	10,33	2,0	0,67	4,67	4,0	1,0	6,33	4,14
Безенчукская 209	9,33	2,67	0,33	4,0	3,33	0	3,33	3,28
Безенчукская нива	10,67	3,0	0,67	4,67	0	0	0,33	2,76
Безенчукская 210	37,33	2,0	1,0	3,67	2,0	1,0	1,0	6,86
Безенчукская Золотистая	18,67	1,0	0,67	5,0	2,33	3,0	4,33	5,00
1307д-51	14,33	0,33	0	6,0	2,0	1,33	1,0	3,57
1389да-1	13,67	0,67	0	3,0	1,0	0	1,33	2,81
НСР	5,466	–	–	2,214	1,718	1,955	2,154	
Ff	15,22*	Ff<Ft	Ff<Ft	15,06*	6,60*	2,75*	4,61*	

*значимо на 5 %-ном уровне.

ртов и генотипического варьирования исследуемого признака в зависимости от среды требуется их оценка по параметрам стабильности и отзывчивости на условия среды. Для определения сортов стабильно сохраняющих относительно высокую устойчивость к патогенам чёрного зародыша во все годы, полученные результаты были изучены по параметрам адаптивности и стабильности, по методике А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой [7].

По общей адаптивной способности распределение сортов соответствовало их разделению по среднему значению и позволило выделить те же три группы: устойчивые (значения OAC_i – -1,38...-2,42) – Безенчукская 182, Безенчукская 139, Марина и Харьковская 46; среднеустойчивые (значения OAC_i – -0,19...0,1) – Безенчукская нива, Безенчукская 209, Безенчукская 205, 1389да-1, 1307д-51; восприимчивые (значения OAC_i – 1,53...3,39) – Безенчукская золотистая, Памяти Чеховича, Безенчукская степная и Безенчукская 210 (табл. 3).

Низкие значения σCAS_1 , показывающей отзывчивость генотипа на вариацию условий среды, были определены у сортов Марина, Безенчукская 139, Безенчукская 182. Это означает, что они слабо реагируют на повышение интенсивности инфекционной нагрузки, то есть проявляют в этих условиях устойчивость.

Параметр относительной стабильности (S_{gi}), отражает соотношение варибельности признака по σCAS_1 и его средней величины, чем меньше значение этого параметра, тем выше стабильность. Низкие значения S_{gi} (высокая стабильность) у сортов Безенчукская 205 и Безенчукская 209 объясняются средними величинами CAS_i и высоким уровнем поражения патогенами чёрного зародыша в среднем за 7 лет эксперимента. В таком контексте целесообразно проводить оценку относительной стабильности внутри групп генотипов, сформированных по OAC_i или среднему значению признака. Среди сортов с низким уровнем поражения наиболее стабильным был сорт Марина.

Коэффициент компенсации генотипа (K_{gi}) варьировал от 0,14 до 8,84. У сортов Марина, Безенчукская 139, Безенчукская 182, Харьковская 46, Безенчукская 209, Безенчукская 205 и Безенчукская нива он был ниже 1, что свидетельствует о преобладании компенсирующего эффекта взаимодействия «генотип-среда». Это означает, что перечисленные сорта компенсируют эффекты среды, вызванные степенью инфекционной нагрузки. У неустойчивого сорта Безенчукская 210 параметр K_{gi} был выше единицы (8,84), что указывает на совпадение по знаку эффектов взаимодействия генотипа и среды с эффектами среды, то есть уровень поражения сорта, относительно других, резко увеличивается на высоком

Табл. 3. Показатели адаптивной способности и стабильности генотипов по признаку устойчивости к факторам чёрного зародыша (Безенчук, 2015–2021 гг.)

Генотип	OAC_i	σCAS_1	S_{gi}	CCG_i	K_{gi}
Харьковская 46	-1,38	2,45	117,25	3,02	0,30
Безенчукская 139	-1,95	1,89	124,34	2,23	0,18
Безенчукская 182	-2,42	1,95	185,71	1,79	0,19
Безенчукская степная	1,72	7,21	138,93	7,91	2,55
Памяти Чеховича	1,58	6,30	124,75	7,43	1,95
Марина	-1,71	1,70	96,60	2,40	0,14
Безенчукская 205	0,84	3,29	79,47	5,55	0,52
Безенчукская 209	-0,19	2,92	89,02	4,38	0,41
Безенчукская Нива	-0,71	3,79	137,32	4,19	0,70
Безенчукская 210	3,39	13,43	195,77	11,93	8,84
Безенчукская золотистая	1,53	6,16	123,20	7,33	1,85
1307д-51	0,1	5,05	141,40	5,48	1,25
1389да-1	-0,66	4,70	167,30	4,58	1,08

Табл. 4. Группы сортов по адаптивности и стабильности, сформированных по сумме рангов этих свойств (по данным полевых опытов 2015–2021 гг.)

Группа адаптивности и стабильности по сумме рангов	Сорт	Сумма рангов
Высокая устойчивость и стабильность	Марина	10
	Безенчукская 139	12
	Харьковская 46	16
	Безенчукская 182	17
	Средняя	13,8
Средняя устойчивость и стабильность	CV*	24,0
	Безенчукская 209	20
	Безенчукская нива	25
	Безенчукская 205	25
	1389ДА-1	32
Низкая устойчивость и низкая стабильность	Средняя	25,5
	CV	19,3
	Безенчукская золотистая	35
	1307Д-51	35
	Памяти Чеховича	40
	Безенчукская степная	45
	Безенчукская 210	52
Средняя	41,4	
CV	17,5	

*CV – коэффициент генотипической вариации.

инфекционном фоне. При отборе стабильных генотипов следует отдавать предпочтение генотипам с $K_{gi} \leq 1$.

По интегральному признаку $СЦГ_j$, характеризующему одновременно величину и устойчивость признака, выделены Безенчукская 182, Безенчукская 139, Марина, Харьковская 46.

Большинство сортов в зависимости от складывающихся условий среды значительно меняют ранги по признаку «чёрный зародыш» внутри выборки. Это подтверждает значимые эффекты «генотип-среда», описанные ранее по данным двухфакторного анализа. Сумма рангов (ранжирование по вектору от лучшего сорта к худшему) по основным статистическим параметрам (OAC_i , $СЦГ_j$, S_{gi} , K_{gi}) позволяет идентифицировать лучшие генотипы по комплексу признаков в целом по эксперименту. Лучшими следует считать сорта с меньшей суммой рангов.

В нашем эксперименте, в котором изучали 13 генотипов по четырем параметрам, возможные варианты по сумме рангов определяются в области цифрового ряда от минимального значения – 4 (1+1+1+1) единицы, до максимального 52 (13+13+13+13) единицы. Средняя сумма рангов в этом цифровом ряду равна 28 единицам (4+24=28; 52-24=28). Генотипы, у которых величина этого показателя находится в первой половине ряда, имеют оптимальный баланс устойчивости (среднее значение признака по эксперименту или параметр

OAC_i) и стабильности. Сорта второй половины ряда имеют противоположную оценку. Оптимальный баланс изучаемых свойств установлен для сортов Марина (10), Безенчукская 139 (12), Харьковская 46 (16), Безенчукская 182 (17). Средний балл по сумме рангов для этой группы составил 13,8 единиц. В группу сортов с низкой устойчивостью и стабильностью (сумма рангов – 35...52, средний балл – 41,4) вошли Безенчукская золотистая, 1307Д-51, Памяти Чеховича, Безенчукская степная, Безенчукская 210. Суммы рангов сортов с промежуточными свойствами Безенчукская 209, Безенчукская нива, Безенчукская 205, 1389ДА-1 варьировали от 20 до 32 единиц при средней величине 25,5 (табл.4).

Среди генотипов первой группы наиболее перспективен в селекции на устойчивость к патогенам, вызывающим чёрный зародыш, – сорт Марина. Он обладает комплексом других положительных свойств: адаптивность к широкому спектру лимитирующих факторов среды (рекомендован для возделывания в 7 и 9 регионах России), устойчивость к бурой ржавчине, листовым пятнистостям, хлебному пилильщику (благодаря выполненности соломины), крупнозерности в сочетании с высокой натурной массой зерна [8]. Весь этот комплекс признаков, в том числе устойчивость к патогенам чёрного зародыша, унаследовал новый сорт твёрдой пшеницы с высоким качеством клейковины и макарон – Таганрог [9]. Это позволяет отнести сорт Марина к донорам устойчивости к патогенам чёрного зародыша (табл.5).

Таким образом, среди сортов конкурсного сортоиспытания в течение продолжительного периода изучения (7 лет) в группе наиболее устойчивых генотипов отмечен только один сорт современного периода селекции (2009 г. включения в реестр России) – Марина. Сорта Харьковская 46, Безенчукская 139, Безенчукская 182 были созданы в 1957, 1980, 1993 гг. соответственно и в современных условиях неконкурентоспособны по урожайности и ряду других признаков.

Для повышения эффективности селекции необходим поиск сортов, устойчивых к патогенам черного зародыша среди современного селекционного материала. В связи с этим, в годы проявления заболевания были изучены сорта программы КАСИБ, набор которых формируется с двухлетним циклом обновления на основе перспективных линий селекционных учреждений России и Казахстана, адаптированных к условиям сопредельных степных и лесостепных провинций этих стран. Большинство изученных образцов из питомника КАСИБ были в той или иной степени восприимчивы к патогенам, вызывающим черный зародыш (табл. 6). Только у 4 сортов в течение двух лет зерен с признаками этого заболевания не обнаружено. Сорта этого блока по устойчивости/восприимчивости в среднем по двухлетним результатам изучения были распределены на три группы с учетом наименьшей существенной разницы по каждому году: устойчивые (доля поражённых зерен в 2019 г. от 0,0 до 1,0 %, в 2020 г. – от 0,0 до 0,5 %) – Меля-

Табл. 5. Донорские свойства сорта Марина по признакам устойчивости к патогенам и выполненности соломины, идентифицированные при создании сорта Таганрог от скрещивания Леукурум 1751 / Марина (2017-2021 гг.)

Сорт, линия	Поражение возбудителями*			Выполненность соломины, балл (4...20)	Урожайность, т/га
	чёрного зародыша, %	бурой ржавчины, тип/ %	листных пятнистостей, %		
Марина	2,5	2/3	5,0	19,0	2,07
Леукурум 1751	11,3	4/7,5	15,0	7,0	1,90
Таганрог	2,1	2/3	5,0	19,0	2,33

*в годы с максимальным развитием патогенов.

Табл. 6. Частота поражения зерна (доля поражённых зерен) сортов и линий яровой твёрдой пшеницы патогенами, вызывающими чёрный зародыш (питомник КАСИБ, 2019–2020 гг.), %

Сорт	Оригинатор	2019 г.	2020 г.	Средняя
Р-1409	Актюбинская	3,5	0,0	1,75
Союна	СХОС, Казахстан	2,0	2,5	2,25
Янтарная 60		1,5	4,0	2,75
Серке	НПЦ зернового хозяйства, Казахстан	0,5	2,5	1,5
Линия 69-08-2		0,0	0,5	0,25
Линия 250-06-14	Карабалыкская СХОС, Казахстан	0,5	1,5	1,0
Костанайская 15		4,0	0,0	2,0
Гордеиформе 1790		0,5	2,0	1,25
Гордеиформе 895	ФАНЦА	1,5	2,5	2,0
Гордеиформе 910		0,0	0,0	0,0
Гордеиформе 924		0,0	1,0	0,5
Гордеиформе 08-25-2	Омский АНЦ	0,0	0,5	0,25
Гордеиформе 08-67-1		1,5	0,0	0,75
Гордеиформе 08-107-5		0,0	0,0	0,0
Безенчукская золотистая (стандарт ранне-спелый)	Самарский НИИСХ – филиал Самарского ФИЦ РАН	8,5	3,0	5,75
Безенчукская нива (стандарт среднеспелый)		2,0	0,0	1,0
Золотая (стандарт среднепоздний)		3,0	3,5	3,25
Безенчукская 139 (исторический стандарт)		0,5	0,0	0,25
Леукурум 1693Д-71		0,0	0,0	0,0
Леукурум 1970		1,5	0,5	1,0
Леукурум 2021Д-1		0,0	0,5	0,25
Триада		3,5	0,5	2,0
Леукурум 2165	НИИСХ Юго-Востока	0,0	1,5	0,75
Гордея	ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН	1,0	1,0	1,0
Целинная		1,5	2,0	1,75
Меляна		0,0	0,0	0,0
НСР _{0,05}		1,0	0,5	
F _r ¹		7,627*	1,7*	

¹F_r – критерий Фишера; *значимо на 5,0 %-ном уровне

на (ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН), Гордеиформе 08-107-5, Гордеиформе 08-25-2 (Омский АНЦ), Линия 1693д-71, Линия 2021д-1, исторический стандарт Безенчукская 139 (Самарский НИИСХ), Гордеиформе 910 (Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий – ФАНЦА); устойчивые в средней степени (доля поражённых зерен в 2019 г. от 1,0 до 1,5 %, в 2020 г. – от 0,0 до 0,5 %) – Линия 69-08-2 (НПЦЗХ им. Бараева), Линия Д-2165 (НИИСХ Юго-Востока), Гордеиформе 924 (ФАНЦА), Гордеиформе 08-67-1 (Омский АНЦ), Леукурум 1970 (Самарский НИИСХ), Леукурум 2165 (НИИСХ Юго-Востока), Гордея (ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН). Все остальные сорта питомника КАСИБ квалифицированы как неустойчивые к патогенам черного зародыша

В целях привлечения в селекционный процесс новых источников устойчивости к патогенам чёрного зародыша и расширения генетического разнообразия в селекции по этому признаку в течение ряда лет были изучены

сорта из СИММУТ, Италии, Австрии в сравнении с наиболее восприимчивыми сортами из России, Казахстана и Украины.

В среднем по всем сортам в исследуемом питомнике поражение патогенами «чёрного зародыша» в наиболее благоприятные для их развития годы с максимальным поражением восприимчивых сортов (2014 и 2018 гг.) составило и 2,7...2,8 %. Поражение образцов варьировало от 0,0 до 7,5 % в 2014 г. и от 0,0 до 7,0 % в 2018 г. (табл. 7).

Табл. 7. Средняя частота поражения зерна (доля поражённых зерен) коллекционных образцов яровой твёрдой пшеницы патогенами, вызывающими чёрный зародыш (2014, 2018 гг.), %

Сорт, линия	Оригинатор	2014 г.	2018 г.
Безенчукская крепость	Самарский НИИСХ – филиал Самарского ФИЦ РАН	2,0	3,0
Безенчукская 210		5,5	5,0
Линия 1429д-9		4,0	4,0
Линия 1493д-27		3,5	4,0
Линия 1633д-7		4,5	4,5
Ясенка стандарт	НЦЗ им. П.П.Лукияненко	4,0	3,5
Линия 303д23-5		4,0	3,5
Спадщина	Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН	4,5	3,5
Аркола		4,5	4,0
Саратовская золотистая	НИИСХ Юго-Востока	4,5	4,0
Каргала 1412	Актюбинская СХОС	6,0	5,5
Линия rnd 235	СИММУТ	4,0	4,5
sooty/rascon//green/3		7,5	7,0
Линия ISD19	Италия	0,5	1,0
Линия ISD20		0,0	0,0
Линия ISD 21		4,0	3,5
Линия ISD22		0,0	0,0
Аккилле		0,0	0,0
Греккалле		0,0	0,0
Одиссео		0,0	0,0
Дурофлаус	Австрия	0,0	0,0
Дуромакс		0,5	1,0
Среднее значение		2,8	2,7
НСР _{0,05}		2,1	2,0

С учетом наименьшей существенной разницы по наличию чёрного зародыша по каждому году в группу устойчивых вошли сорта из Италии и Австрии ISD19, ISD20, ISD22, Аккилле, Греккалле, Одиссео, Дурофлаус, Дуромакс. Наиболее восприимчивы к поражению оказались линии 1633д-7, 1493д-27, 1429д-9, сорта Безенчукская 210, Безенчукская крепость (Самарский НИИСХ), Спадщина, Arcola (институт растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН), rnd 235, sooty/rascon//green/3 (СИММУТ), Каргала 1412 (Актюбинская СХОС), Саратовская Золотистая (НИИСХ Юго-Востока), Ясенка, 303д23-5 (НЦЗ им. П.П.Лукияненко), ISD 21 (Италия).

Таким образом, в многолетнем эксперименте при изучении сортов конкурсного сортоиспытания яровой твёрдой пшеницы в Самарском НИИСХ – филиале Самарского ФИЦ РАН установлено влияние условий среды (года), генотипа и генотип-средовых взаимодействий на вариацию количества зерен с чёрным зародышем. Условия среды (год) вносили наибольший вклад в дисперсию признака – 55,7 %, факторы генотипа и генотип/средовых взаимодействий также были значимы, их влияние составило 8,2 % и 28,7 % соответственно. В связи с вы-

соким вкладом в дисперсию признака генотип-средовых взаимодействий, существует вероятность рекомбинаций и трансгрессивной селекции устойчивых сортов. По абсолютным значениям и стабильности устойчивости за семь лет изучения выделены четыре сорта – Харьковская 46, Безенчукская 139, Безенчукская 182 и Марина. Их можно использовать в качестве источников устойчивости. Наиболее перспективен по комплексу признаков сорт Марина, который по результатам использования в качестве исходного материала в практической селекции отнесен к донорам устойчивости к патогенам, вызывающим чёрный зародыш. Для расширения генетической базы в селекции сортов устойчивых к патогенам чёрного зародыша по результатам исследований современных селекционных линий, адаптированных к условиям степных и лесостепных территорий из России и Казахстана, в питомнике КАСИБ (Казахстанско-Сибирская селекция пшеницы) предлагается использовать 6 генотипов – Гордеиформе 910 (ФАНЦА), Гордеиформе 08-25-2, Гордеиформе 08-107-5 (Омский АНЦ), 1963Д-71, 2021Д-1 (Самарский НИИСХ – филиал Самарского ФИЦ РАН), Меляна (ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН). В качестве источников предложены высокоустойчивые генотипы твёрдой пшеницы из Италии – ISD19, ISD20, ISD22, Achille, Grecalle, Odisseo и Австрии – Duroflaus и Duromax.

Литература.

1. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы. Саратов. 2001. 124 с.
2. Патогенные и фитотоксические свойства возбудителей корневой гнили и черного зародыша зерновых культур в некоторых районах России / Н.С. Жемчужина, М.И. Киселева, В.В. Лапина и др. // *Аграрная наука*. 2019. №1. С. 142–147. doi: 10.32634/0869-8155-2019-326-1-142-147.
3. Black point and red smudge in irrigated durum wheat in southern Saskatchewan in 1990–1992 / M.R. Fernandez, J.M. Clarke, R.M. De Pauw, et al. // *Can. J. Plant Pathol.* 1994. Vol. 16. P. 221–227.
4. Устойчивость генотипов твердой пшеницы к черному зародышу / Н.В. Барышева, М.А. Розова, А.И. Зиборов и др. // *Acta Biologica Sibirica*. 2016. Т. 2. № 4. P. 45–51.
5. Дифференциация сортов озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по устойчивости к наиболее вредоносным возбудителям грибных болезней / М.И.Киселева, Т.М.Коломиец, Е.В.Пахолкова и др. // *Сельскохозяйственная биология*. 2016. Т. 51. № 3. С. 299-309. doi: 10.15389/agrobiology.2016.3.299rus.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 321с.
7. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Экологическая селекция растений. Минск: Тэхналогія, 1997. 372 с.
8. Мясникова М.Г., Мальчиков П.Н., Чахеева Т.В. Значимость компонентов урожайности сортов яровой твердой пшеницы из России и Казахстана // *Зерновое хозяйство России*. 2020. № 5 (71). С.73-79. doi: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-73-79.
9. Результаты селекции твердой пшеницы в России на содержание каротиноидных пигментов в зерне / М.Г. Мясникова, П.Н. Мальчиков, Е.Н. Шаболкина и др. // *Зерновое хозяйство России*. 2019. №6 (66). С.37-40. doi: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-37-40.

Поступила в редакцию 06.07.2022
 После доработки 01.08.2022
 Принята к публикации 01.09.2022