

УДК 633.111:631.524.7:632.4

DOI 10.18286/1816-4501-2020-3-85-90

**ОЦЕНКА ЛИНИЙ ITMI ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ  
НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ТВЁРДОЙ ГОЛОВНЕ**

**Зуева Анастасия Александровна**<sup>1</sup>, научный сотрудник лаборатории генетики и селекции мягкой пшеницы

**Менибаев Асхат Исмаилович**<sup>1</sup>, научный сотрудник лаборатории генетики и селекции пшеницы

**Шевченко Сергей Николаевич**<sup>2</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, директор

<sup>1</sup>Самарский НИИСХ – филиал СамНЦ РАН

<sup>2</sup>СамНЦ РАН

<sup>1</sup>446250, пгт. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41; тел.: (884676) 2-11-40; e-mail: samniish@mail.ru

<sup>2</sup>443001, г. Самара, ул. Студенческий переулок, 3А; e-mail: samniish@mail.ru

**Ключевые слова:** мягкая яровая пшеница, твёрдая головня, устойчивость, заболевание, патоген.

Целью исследования является поиск новых источников устойчивости к твёрдой головне среди линий популяции ITMI. В статье представлен анализ данных по изучению реакции яровой мягкой пшеницы, отличающейся устойчивостью к твёрдой головне, на внедрение возбудителя. Экспериментальная часть работы проводилась в 2016–2018 годах на инфекционном фоне фитоучастка в условиях лесостепи Среднего Поволжья (Самарский НИИСХ – филиал СамНЦ РАН, пгт. Безенчук). В качестве объектов использовали 77 линий картирующей популяции ITMI, а также популяцию патогена *Tilletia caries*, собранную с районированных и восприимчивых сортов. В эксперименте высевали здоровые семена (контроль) и семена зараженные патогеном. Для инокуляции семян пшеницы данным патогеном использовали метод А.И. Борггардта-Анпилогова. Уборка проводилась ручным способом, путем срезания растений с делянки в фазу полной спелости. Учет поражения образцов твёрдой головней проводили в фазе молочно-восковой спелости зерна, тщательно просматривая и пересчитывая все колосья на делянке. Для распределения по классам устойчивости образцов к твёрдой головне применяли пятибалльную шкалу, созданную В.И. Кривченко. Погодные условия в годы исследований были разными, но развивались в основном благоприятно для создания инфекционного фона, а также для роста растений яровой пшеницы. Иммунитетом обладали 4 линии (ITMI-40, 75, 90, 91). Практическая устойчивость была отмечена на 5 линиях (поражение от 4,3 до 10,0%). 8 линий были слабо восприимчивы (максимальное поражение составило 21,0%). При средней восприимчивости была выделена 21 линия, остальные линии были поражены в основном более чем на 50%. Выбранные образцы могут служить ценным исходным материалом для использования в программах иммунологического разведения.

**Введение**

Пшеница является основным продуктом питания, который обеспечивает около 20% белка и калорий, потребляемых во всем мире [1]. В нашей стране яровая мягкая пшеница обеспечивает производство стабильных урожаев зерна высокого качества, и коммерчески привлекательна и перспективна для зарубежного рынка [2].

Основной причиной низкой урожайности

пшеницы является ухудшение фитосанитарного состояния посевов, обусловленное отсутствием устойчивых к болезням сортов в производстве и несоблюдением технологии возделывания данной культуры [3, 4]. На динамику развития грибных заболеваний яровой пшеницы в той или иной степени влияют погодные условия в критические периоды вегетации [5].

Твёрдая головня, вызываемая грибами из рода *Tilletia*, является распространенным забо-

леванием пшеницы. При внешнем осмотре, помимо очевидных потерь, она вызывает скрытые потери, которые не подлежат учету. Они проявляются в том, что возбудитель, находящийся в растении с момента прорастания до созревания семян, действует на растение угнетающе: снижается всхожесть семян, количество продуктивных стеблей, число зерен в колосе, вместо зерен образуется споровая масса, нарушается нормальный ход биохимических процессов на внешне здоровых колосьях [6, 7, 8, 9].

На сегодняшний день химический метод борьбы широко применяется для защиты семян пшеницы от возбудителя твердой головни. Современный широкий набор фунгицидов, казалось бы, снимает проблему заражения возбудителями головневыми болезнями. Однако все активные вещества, входящие в состав этих препаратов, опасны для человека. Большинство выращиваемых в настоящее время сортов восприимчивы к одной или нескольким распространенным расам твердой головни [10]. На современном этапе решающее значение имеет более безопасный и менее затратный способ создания и выращивания устойчивых сортов, для селекции которых необходимы новые источники устойчивости к данному виду заболевания [11, 12, 13]. Это особенно важно при подборе сортов пшеницы, предназначенных для выращивания в системах органического земледелия, где применение средств химической защиты невозможно [14, 15, 16].

Основной проблемой селекции на устойчивость к возбудителю твердой головни является наличие недостаточного объема генетически различных доноров и источников. В связи с этим необходимо осуществлять поиск ген-доноров, проводить комплексное изучение генофонда, а также использовать генетическое разнообразие в селекционных программах [17]. Среди сложного комплекса факторов, входящих в понятие среды, значительная роль принадлежит ее абиотическим компонентам-климату и погоде, но решающая роль остается за сортом как средообразующим фактором.

Устойчивость сорта является важнейшим элементом комплексной защиты растений от болезней, что стабилизирует сельскохозяйственное производство и снижает риск загрязнения окружающей среды. Проблема не только в России, но и в других странах мира заключается в том, что вновь созданные сорта быстро теряют свою устойчивость из-за появления новых вирулентных рас патогенов.

Современные исследования направлены на поиск и создание нового исходного материала для селекции высокопродуктивных сортов пшеницы, устойчивых к биотическим и абиотическим стрессорам, а также на оптимизацию фитосанитарной обстановки в агрофитоценозах.

Цель исследований - поиск новых источников устойчивости к твердой головне среди линий популяции ITMI.

Задачи исследований - создать новый исходный материал для селекции.

#### **Материалы и методы исследований**

В качестве объектов использовали 77 линий картирующей популяции ITMI, а также популяцию патогена *Tilletia caries*, собранную с районированных и восприимчивых сортов. Популяция ITMI была создана путем опыления яровой мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта Opata 85 пылью синтетического гексаплоида W 7984, являющегося амфидиплоидом, полученный путем скрещивания тетраплоидная пшеница *T. Turgidum* var. *durum* сорта Altar 84 (ААББ) (женский родитель) и *Aegilops tauschii* Coss. (DD) (мужской родитель). Межродовая гибридизация была проведена доктором А. Муджиб-Казии (CIMMYT, Мексика).

Для селекции на устойчивость к болезням мягкой яровой пшеницы мы изучали картирующую популяцию ITMI на чувствительность к патогенам твердой головни (*Tilletia caries* (DC.) Tul.). В период с 2016 по 2018 гг. материал высевали в двукратной повторности рядами длиной 1 м на базе ФГБНУ «Самарский НИИСХ». В опыте использовали популяцию патогена, собранную с районированных и восприимчивых сортов. Для инокуляции семян пшеницы данным патогеном использовали метод А.И. Борггардта-Анпилова (1 г спор на 100 г семян) [18,19]. Инокулированные семена высевали несколько раньше оптимального срока посева на глубину 7-8 см, когда температура почвы (4-8°C) была наиболее благоприятной для заражения. Контрольными были те же сорта, которые не были заражены патогеном. Уборку проводили вручную, когда растения достигали фазы полной спелости.

Учет поражения образцов твердой головней проводили в фазе молочно-восковой спелости зерна, тщательно просматривая и пересчитывая все колосья на делянке. Уровень поражения образцов в вариантах опыта определяли отношением количества больных колосьев к общему их числу по формуле:  $P (\%) = (B_k / B_v) \times 100$ , где

$B_k$  – количество больных колосьев, шт;

Вк – общее число колосьев (здоровые и больные), шт;

100 – перевод в проценты.

Для распределения по классам устойчивости образцов к твердой головне, применяли пятибалльную шкалу, созданную В.И. Кривченко [20]:

1 – высокая устойчивость, поражение отсутствует;

2 – практическая устойчивость, не превышает 0-10%;

3 – слабая восприимчивость, 10-25%;

4 – средняя восприимчивость, 25-50%;

5 – сильная восприимчивость, более 50%.

Погодные условия в годы исследований были разными, но развивались в основном благоприятно для создания инфекционного фона, а также для роста растений яровой пшеницы. Острозасушливые условия в период вегетации растений отмечены в 2016 году (ГТК=0,50). Засуха отразилась на росте биомассы, но запас влаги в период посева позволил растению избежать сильных депрессий в ростовых процессах. На ранних стадиях развития растений количество осадков в период «кущение-колошение» составило всего 13,7 мм, а в период «колошение-восковая спелость» - 62,9 мм (рис.1).

В 2017 году избыточное увлажнение за период вегетации (210,9 мм) и длительное сохранение аномальной холодной погоды от 11,2 до 18,7 °С благоприятно способствовали развитию данного заболевания (рис. 2).

В 2018 году количество осадков за вегетационный период составило 138 мм (ГТК=0,56). Период «всходы-кущение» был коротким, восемь дней. Ускоренное прохождение данного периода было вызвано сильной засухой, ГТК составил 0,25. Средняя температура воздуха 15,4 °С, максимальная 21,5 °С. Колошение и формирование зерновок в колосе растения проходило под влиянием максимальной нагрузки факторов среды. Это было вызвано недостаточным увлажнением (ГТК=0,71) и резким повышением среднесуточных температур воздуха с 16,5 до 20,8 °С. Максимальная температура поднималась до 39,5 °С.

#### Результаты исследований

По результатам исследования инфекцион-

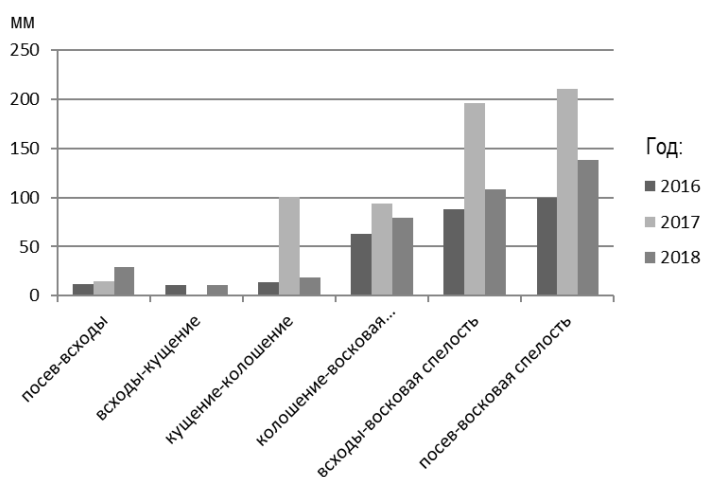


Рис. 1 - Распределение количества осадков по периодам вегетации в 2016-2018 гг.

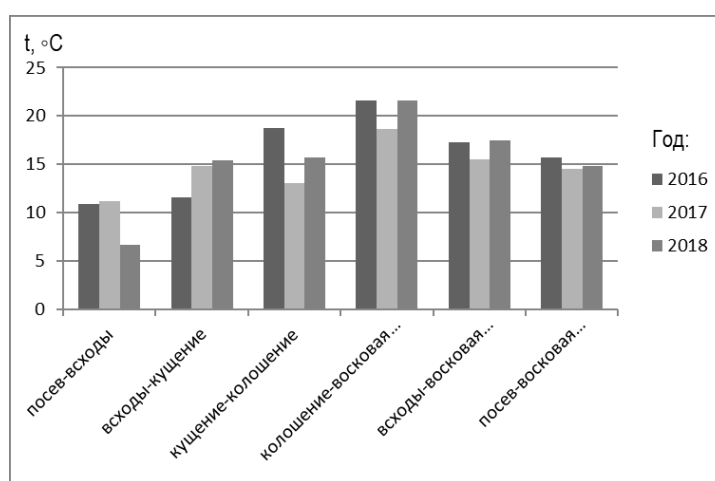


Рис. 2 - Распределение средней температуры воздуха по периодам вегетации в 2016-2018 гг.

ного фона 77 образцов картирующей популяции ITMI яровой мягкой пшеницы в 2016-2018 гг. были разделены на группы устойчивости (табл. 1).

В первую группу с высокой устойчивостью к твердой головне вошли 4 линии: ITMI - 40, 75, 90, 91. Практической устойчивостью обладали 5 линий: ITMI - 28, 54, 78, 80, 83. Их пораженность колебалась от 4,3 до 10,0%. Наименьшее поражение за годы исследования было отмечено у линии ITMI-83 (0-4,55%). Слабовосприимчивыми оказались 8 линий: ITMI-2, 3, 17, 47, 66, 68, 85, 103 (максимальное поражение составило 21,0%). В 2016-2017 гг. линии ITMI-2, 3, 85, 103 были практически устойчивые, но в 2018 году с нарастанием вирулентности твердой головни стали слабовосприимчивыми.

Среднюю восприимчивость показали линии ITMI-1, 11, 12, 16, 18, 20, 22, 29, 30, 53, 57,

Таблица 1

## Распределение линий ITMI по группам устойчивости к твёрдой головне в 2016-2018 гг.

№ линии	Побегов, шт								
	2016 год			2017 год			2018 год		
	всего	пораж*	%	всего	пораж*	%	всего	пораж*	%
Практически устойчивые, 0-10%									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ITMI-28	20	2	10,0	14	1	7,1	19	1	5,2
ITMI-54	24	2	8,3	27	2	7,4	25	0	0,0
ITMI-78	10	0	0,0	25	2	8,0	19	1	5,2
ITMI-80	39	2	5,1	21	0	0,0	17	1	5,8
ITMI-83	34	0	0,0	23	1	4,3	22	1	4,5
Слабовосприимчивые, 10-25%									
ITMI-2	30	0	0,0	23	0	0,0	19	4	21,0
ITMI-3	27	0	0,0	20	2	10,0	32	4	12,5
ITMI-17	33	3	9,0	24	3	12,5	19	4	21,0
ITMI-47	42	5	11,9	20	2	10,0	32	4	12,5
ITMI-66	26	4	15,3	19	3	15,8	15	3	20,0
ITMI-68	41	0	0,0	21	4	19,0	21	4	19,0
ITMI-85	15	0	0,0	20	1	5,0	33	4	12,1
ITMI-103	21	1	4,8	30	1	3,3	39	7	17,9
Средневосприимчивые, 25-50%									
ITMI-1	27	0	0,0	33	7	21,2	24	7	29,1
ITMI-11	28	3	10,7	24	11	45,8	28	11	39,3
ITMI-12	46	6	13,0	19	6	31,6	29	3	10,3
ITMI-16	27	4	14,8	15	4	26,6	20	7	35,0
ITMI-18	24	4	16,7	17	8	47,1	25	3	12,0
ITMI-20	19	1	5,3	25	7	28,0	17	2	11,7
ITMI-22	36	18	50,0	24	10	41,6	17	8	47,0
ITMI-29	49	5	10,2	20	8	40,0	25	9	36,0
ITMI-30	28	4	14,2	21	3	14,3	23	7	30,4
ITMI-53	34	3	8,8	16	4	25,0	29	13	44,8
ITMI-57	34	2	5,8	14	6	42,9	14	5	35,7
ITMI-60	34	13	38,2	13	3	23,1	26	10	38,5
ITMI-70	25	9	36,0	13	6	46,2	9	4	44,4
ITMI-71	50	10	20,0	18	8	44,4	16	8	50,0
ITMI-84	39	11	28,2	29	9	31,0	36	14	38,8
ITMI-88	42	0	0,0	35	10	28,5	32	15	46,8
ITMI-93	39	0	0,0	32	12	37,5	19	9	47,3
ITMI-95	30	2	6,6	13	5	38,5	24	7	29,1
ITMI-98	33	11	33,3	24	5	20,8	20	7	35,0
ITMI-99	20	5	25,0	14	4	28,5	18	5	27,8
ITMI-101	34	2	5,9	13	4	30,7	11	5	45,5

\*Поражение твёрдой головней

60, 70, 71, 84, 88, 93, 95, 98, 99, 101, остальные линии в основном были поражены более чем на 50%. Из таблицы видно, что в 2018 году степень восприимчивости к твердой головне была выше. Это связано с погодными условиями, так как в период появления всходов наблюдались низкие среднесуточные температуры воздуха, при таких условиях поражение твердой головней увеличивается. В остальные годы исследований степень поражения твёрдой головней была примерно на том же уровне.

**Обсуждение**

В результате исследований было установлено, что линии ITMI-28, 40, 54, 75, 78, 80, 83, 90, 91 обладают высокой устойчивостью к этому виду заболевания. Даже в годы, благоприятные для развития болезни, они оказались весьма устойчивыми к твердой головне.

**Заключение**

Таким образом, наши исследования позволили выявить образцы линий картирующей популяции ITMI мягкой яровой пшеницы с устой-

чивостью к твердой головне. При подборе родительских форм для создания устойчивого к твердой головне исходного материала необходимо привлекать образцы с высокой и практической устойчивостью к возбудителю в качестве одного из родителей.

Выбранные образцы могут служить ценным исходным материалом для использования в программах иммунологического разведения.

#### Библиографический список

1. Braun, H. Wheat improvement results, challenges and perspectives / H. Braun // XIX International Workshop on Smuts and Bunts. Izmir. - 2016. - P. 3-4.

2. Румянцев, А. В. Научные достижения в селекции сортов яровой мягкой пшеницы / А. В. Румянцев, В. В. Глуховцев, Л. А. Кукушкина // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2015. - № 2. - С. 58-63.

3. Харина, А. В. Головные болезни яровой мягкой пшеницы в условиях Евро-Северо-Востока / А. В. Харина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. - 2013. - № 1 (32). - С. 15-18.

4. Шишкин, Е. В. Создание исходного материала для селекции устойчивых к твердой головне сортов озимой пшеницы / Н. В. Шишкин, Т. Г. Дерова, Д. М. Марченко // Научный журнал КубНАУ. - 2015. - № 113 (09) - С. 158-162

5. Зависимость развития грибной инфекции зерновых культур от сезонной динамики климатических факторов / Т. К. Шешегова, Л. М. Щеклеина, И. Н. Щенникова, А. Н. Мартынова // Достижения науки и техники АПК. - 2017. - Т.31, № 4. - С. 58-61.

6. Баталова, Г. А. О методах селекции самоопылителей / Г. А. Баталова // Методы и технологии в селекции растений : материалы Всероссийской конференции. - Киров, 2014. - С. 3-10.

7. Восприимчивость яровой мягкой пшеницы к Татарской популяции твердой головки / Н. З. Василова, Д. Ф. Асхадуллин, Д. Ф. Асхадуллин, Т. В. Зайцева, Э. З. Багавиева, М. Р. Тазутдинова, И. И. Хусаинова, Г. Н. Насихова // Зерновое хозяйство России. - 2017. - № 5. - С. 8-11.

8. Фитосанитарная экспертиза зерновых культур. (болезни растений) : рекомендации / С. С. Санин, В. И. Черкашин, Л. Н. Назарова ; под общей редакцией С. С. Санина. - Москва : ФГБНУ Росинформагротех, 2002. - 140 с.

9. Сухоруков, А. Ф. Селекция пшеницы на комплексную устойчивость к грибным болезням в Среднем Поволжье / А. Ф. Сухоруков, А. А. Сухоруков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2014. - Т.16, № 15

(3). - С. 1157-1161.

10. Генетические ресурсы в селекции пшеницы на устойчивость к твердой головне / М. А. Есимбекова, К. Б. Мукин, А. И. Аbugалиева, К. Абдрахманов, С. Дубекова, А. И. Моргунов // Аграрная наука. - 2019. - № 1. - С. 22-26.

11. Шишкин, Н. В. Результаты оценки коллекционных образцов озимой пшеницы на устойчивость к твердой головне / Н. В. Шишкин, Т. Г. Дерова, Д. М. Марченко // Зерновое хозяйство России. - 2015. - № 2. - С. 128-134.

12. Searching for resistance sources to wheat common bunt disease and efficiency of Bt genes against *Tilletia tritici* and *T. laevis* populations / E. M. Al-Maarouf, R. M. Ali, H. A. Mahmood, T. M. Aziz // Agriculture & Forestry. - 2016. -Vol. 61. Iss. 1. - P. 175-186.

13. Genome-wide association study reveals favorable alleles associated with common bunt resistance in synthetic hexaploid wheat / M. Bhatta, A. Morgounov, V. Belamkar, A. Yorgancilar, P. S. Baenziger // Euphytica. - 2018. - Vol. 214. Article number: 200.

14. Characterization of Two Wheat Doubled Haploid Populations for Resistance to Common Bunt and Its Association with Agronomic Traits / G. Ganeva, S. Landjeva, I. Belchev, L. Koleva // Cereal Research Communications. - 2014. - Vol. 42. - P. 484-494.

15. Comparison of bread wheat varieties with different breeding origin under organic and low input management / P. Mikó, F. Löschenberger, J. Hiltbrunner, R. Aebi, M. Megyeri, G. Kovács, M. Molnár-Láng, G. Vida, M. Rakszegi // Euphytica. - 2014. - Vol. 199. - P. 69-80.

16. Genetic architecture of common bunt resistance in winter wheat using genome-wide association study / A. M. I. Mourad, A. Sallam, V. Belamkar, E. Mahdy, B. Bakheit, A. A. El-Wafaa, P. S. Baenziger // BMC Plant Biology. - 2018. - Vol. 18. Article number: 280.

17. Левченко, Ю. Г. Устойчивость пшеницы и тритикале к возбудителям твердой головки в Краснодарском крае и создание нового исходного материала для селекции : спец. 06.01.05 - селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Левченко Юрий Григорьевич; Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко, Всероссийский научно-исследовательский институт риса (Краснодар). - Краснодар, 2018. - 20 с.

18. Борггардт, А. И. Избранные труды по фитопатологии / А. И. Борггардт. - Москва, 1961. - С. 207-215.

19. Кривченко, В. И. Головные болезни зерновых культур : методическое пособие / В. И. Кривченко, А. П. Хохлова // Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости

к вредным организмам. – Москва : Россельхозакадемия, 2008. – С. 32-86.

20. Кривченко, В. И. Устойчивость зерновых колосовых к возбудителям головневых болезней / В. И. Кривченко. – Москва : Колос, 1984. – 304 с.

## EVALUATION OF ITMI LINES OF SPRING SOFT WHEAT FOR RESISTANCE TO STINKING SMUT

Zueva A.A.1, Menibaev A. I.1, Shevchenko S. N.2

1Samara ARI – branch of SamRC RAS

446250, Bezenchuk country, Karl- Marx street, 41; tel.: (884676) 2-11-40; e-mail: samniish@mail.ru

2 SamRC RAS

443001, Samara, Studencheskya alley street, 3A; e-mail: samniish@mail.ru

Key words: soft spring wheat, stinking smut, resistance, disease, pathogen.

The aim of the study is to search for new sources of resistance to stinking smut among the ITMI population lines. The article presents analysis of data on the study of reaction of spring soft wheat, which is resistant to stinking smut, to the introduction of pathogen. The experimental part of the work was carried out in 2016-2018 on an infectious background of a phyto-stage in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region (Samara ARI-branch of SamRC RAS, Bezenchuk country). 77 lines of ITMI mapping population were used as objects, as well as a population of *Tilletia caries* pathogen collected from zoned and susceptible varieties. In the experiment, healthy seeds (control) and seeds infected with pathogen were sown. For inoculation of wheat seeds with this pathogen, the A. I. Borggardt-Anpilogov method was used. Cleaning was carried out manually, by cutting plants from the plot in the phase of full ripeness. Accounting for damage to samples of stinking smut was carried out in the phase of milk-wax stage of the grain, carefully viewing and counting all the spikes on the plot. A five-grade scale created by V. I. Krivchenko was used for classing the samples resistance to stinking smut. Weather conditions in the years of research were different, but developed mainly favorable for creating an infectious background, as well as for the growth of spring wheat plants. 4 lines had immunity (ITMI-40, 75, 90, 91). Practical stability was observed on 5 lines (damage from 4.3 to 10.0%). 8 lines were poorly susceptible (the maximum lesion was 21.0%). With an average susceptibility, 21 lines were isolated, the remaining lines were mostly affected by more than 50%. Selected samples can serve as a valuable source material for use in immunological breeding programs.

### Bibliography

1. Braun, H. Wheat improvement results, challenges and perspectives / H. Braun // XIX International Workshop on Smuts and Bunts. Izmir. - 2016. - P. 3-4.
2. Rummyantsev, A. V. Scientific achievements in the selection of spring soft wheat varieties / A. V. Rummyantsev, V. V. Glukhovtsev, L. A. Kukushkina // Legumes and cereals. - 2015. - № 2. - P. 58-63.
3. Kharina, A. V. Smut diseases of spring soft wheat in the Euro-North-East / A. V. Kharina // Agrarian science of the Euro-North-East. - 2013. - № 1 (32). - P. 15-18.
4. Shishkin, E. V. Creating a source material for breeding stinking smut resistant to winter wheat varieties / N. V. Shishkin, T. G. Derova, D. M. Marchenko // Scientific journal KubNAU. - 2015. - № 113 (09).
5. Dependence of development of fungal infection of grain crops on the seasonal dynamics of climatic factors / T. K. Sheshegova, L. M. Shekleina, I. N. Shennikova, A. N. Martyanova // Achievements of science and technology in AIC. - 2017. - V.31, № 4. - P. 58-61.
6. Batalova, G. A. Methods of self-pollinator selection / G. A. Batalova // Methods and technologies in plant breeding: proceedings of the All-Russian conference. - Kirov, 2014. - P. 3-10.
7. Susceptibility of spring soft wheat to the Tatar population of stinking smut / N. Z. Vasilova, D. F. Askhadullin, D. F. Askhadullin, T. V. Zaytseva, E. Z. Bagavieva, M. R. Tazutdinov, I. I. Khusainova, G. N. Nasikhova // Grain farming in Russia. - 2017. - № 5. - P. 8-11.
8. Phytosanitary expertise of grain crops. (plant disease) : recommendations / S. S. Sanin, V. I. Cherkashin, L. N. Nazarova ; under general editorship of S. S. Sanin. - Moscow : FSBSI Rusinformagrotech, 2002. - 140 p.
9. Suhorukov, A. F. Wheat breeding for complex resistance to fungal diseases in the Middle Volga region / A. F. Suhorukov, A. A. Suhorukov // Izvestiya of Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences. - 2014. - V.16, № 15 (3). - P. 1157-1161.
10. Genetic resources in wheat breeding for resistance to stinking smut / M. A. Esimbekova, K. B. Mukin, A. I. Abugaliev, K. Abdрахmanov, S. Dubekova, A. I. Morgunov // Agrarian science. - 2019. - № 1. - P. 22-26.
11. Shishkin, N. V. Results of evaluation of collection samples of winter wheat for resistance to stinking smut / N. V. Shishkin, T. G. Derova, D. M. Marchenko // Grain farming in Russia. - 2015. - № 2. - P. 128-134.
12. Searching for resistance sources to wheat common bunt disease and efficiency of Bt genes against *Tilletia tritici* and *T. laevis* populations / E. M. Al-Maaroof, R. M. Ali, H. A. Mahmood, T. M. Aziz // Agriculture & Forestry. - 2016. - Vol. 61. Iss. 1. - P. 175-186.
13. Genome-wide association study reveals favorable alleles associated with common bunt resistance in synthetic hexaploid wheat / M. Bhatta, A. Morgounov, V. Belamkar, A. Yorgancilar, P. S. Baenziger // Euphytica. - 2018. - Vol. 214. Article number: 200.
14. Characterization of Two Wheat Doubled Haploid Populations for Resistance to Common Bunt and Its Association with Agronomic Traits / G. Ganeva, S. Landjeva, I. Belchev, L. Koleva // Cereal Research Communications. - 2014. - Vol. 42. - P. 484-494.
15. Comparison of bread wheat varieties with different breeding origin under organic and low input management / P. Mikó, F. Löschenberger, J. Hiltbrunner, R. Aebi, M. Megyeri, G. Kovács, M. Molnár-Láng, G. Vida, M. Rakszegi // Euphytica. - 2014. - Vol. 199. - P. 69-80.
16. Genetic architecture of common bunt resistance in winter wheat using genome-wide association study / A. M. I. Mourad, A. Sallam, V. Belamkar, E. Mahdy, B. Bakheit, A. A. El-Wafaa, P. S. Baenziger // BMC Plant Biology. - 2018. - Vol. 18. Article number: 280.
17. Levchenko, Yu. G. Resistance of wheat and triticale to stinking smut pathogens in the Krasnodar region and creation of new source material for selection : spec. 06.01.05 : abstract of the dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Levchenko Yuriy Grigoryevich; National grain center named after P. P. Lukyanenko, All-Russian research Institute of rice (Krasnodar). - Krasnodar, 2018. - 20 p.
18. Borggardt, A. I. Selected works on phytopathology / A. I. Borggardt. - Moscow, 1961. - P. 207-215.
19. Krivchenko, V. I. Smut diseases of grain crops: a methodological guide / V. I. Krivchenko, A. P. Khokhlova // Study of genetic resources of grain crops for resistance to harmful organisms. - Moscow : Russian agricultural academy, 2008. - P. 32-86.
20. Krivchenko, V. I. Resistance of cereals to smut pathogens / V. I. Krivchenko. - Moscow : Kolos, 1984. - 304 p.