

## ЭФФЕКТИВНАЯ ЮВЕНИЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ИЗ КИТАЯ К ЛИСТОВЫМ БОЛЕЗНЯМ

Лев Геннадьевич Тырышкин<sup>1</sup>, доктор биологических наук, профессор  
Анастасия Александровна Зуева<sup>2</sup>

Сулухан Кудайбердиевна Темирбекова<sup>3</sup>, доктор биологических наук, профессор  
Алла Николаевна Брыкова<sup>1</sup>

Евгений Валерьевич Зуев<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук

<sup>1</sup>ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР),  
г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Самарский федеральный исследовательский центр РАН,

Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н.М. Тулайкова, г. Самара, Россия

<sup>3</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская обл., Россия  
E-mail: sul20@yandex.ru

**Аннотация.** Согласно данным научной литературы, среди образцов мягкой пшеницы из Китая присутствуют формы, устойчивые к ряду заболеваний. В работе представлены результаты изучения ювенильной устойчивости к листовой ржавчине (*Puccinia triticina* Erikss.), темно-бурой листовой пятнистости (*Bipolaris sorokiniana* Shoem.) и септориозу (*Stagonospora nodorum* (Berk.) Castell. et Germano) 263 образцов яровой мягкой пшеницы из Мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова китайского происхождения. Исследованы местные (ландрасы) и селекционные сорта и линии. Для оценки устойчивости интактные проростки заражали водными суспензиями уредоспор природной популяции *P. triticina*, конидий изолятов *B. sorokiniana* и *S. nodorum*. Все образцы были высоковосприимчивы к листовой ржавчине и темно-бурой листовой пятнистости. К септориозу высокоустойчив сорт Bai Quan 3087 (к-67801), он представляет интерес для селекции мягкой пшеницы на устойчивость к *S. nodorum*.

**Ключевые слова:** яровая мягкая пшеница, коллекция ВИР, Китай, листовая ржавчина, темно-бурая листовая пятнистость, септориоз, ювенильная устойчивость

## EFFECTIVE JUVENILE RESISTANCE OF COLLECTION ACCESSIONS OF SPRING SOFT WHEAT FROM CHINA TO FOLIAR DISEASES

L.G. Tyryshkin<sup>1</sup>, Grand PhD in Biological Sciences, Professor  
A.A. Zueva<sup>2</sup>

S.K. Temirbekova<sup>3</sup>, Grand PhD in Biological Sciences, Professor  
A.N. Brykova<sup>1</sup>

E.V. Zuev<sup>1</sup>, PhD in Agricultural Sciences

<sup>1</sup>N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,

N.M. Tulaykov Samara Scientific Research Institute of Agriculture, Samara, Russia

<sup>3</sup>All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow region, Russia

E-mail: sul20@yandex.ru

**Abstract.** According to the scientific literature data, some samples of bread wheat from China are resistant to a range of diseases. The paper presents the results of the study of juvenile resistance to leaf rust (*Puccinia triticina* Erikss.), dark-brown leaf spot blotch (*Bipolaris sorokiniana* Shoem.) and septoriosis (*Stagonospora nodorum* (Berk.) Castell. et Germano) in 263 samples of spring bread wheat from the World Collection of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) originating from China. The material was presented by landraces and breeding varieties and lines. To evaluate resistance/susceptibility, intact seedlings were pulverized with water suspensions of natural *P. triticina* population uredospores, of mixture of *B. sorokiniana* and *S. nodorum* isolates conidia. All samples under study were highly susceptible to the rust and dark-brown leaf spot blotch. Variety Bai Quan 3087 (k-67801) was highly resistant to used isolates of *S. nodorum*. This sample is of undoubted interest for the breeding of bread wheat for resistance to septoriosis.

**Keywords:** spring bread wheat, VIR collection, China, leaf rust, dark-brown leaf spot blotch, septoriosis, juvenile resistance

Мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – основная продовольственная культура в Российской Федерации. По данным Росстат яровая мягкая пшеница в РФ занимала в 2020 году площадь 12,4 млн га, в 2021 – 13,1 млн га. Валовые сборы культуры в последние годы достигали 21,079 млн т. [11] По посевным площадям пшеницы у России второе место в мире после Индии, третье место по данному

показателю занимает Китай. По валовому сбору Россия находится на третьем месте после Китая и Индии. [10]

Один из существенных факторов, снижающих урожайность возделываемых сортов и ухудшающих качество семян – заражение листьев грибными болезнями. Среди них вредоносны и широко распространены листовая ржавчина (*Puccinia triticina*

Erikss.), темно-бурая листовая пятнистость (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, телеоморфа *Cochliobolus sativus* (Ito et Kurib.) и септориоз (*Stagonospora nodorum* (Berk.) Castell. et Germano). Листовая ржавчина поражает пшеницу во всех регионах ее выращивания, эпифитотии наблюдаются каждые два-три года, средние потери урожая в России составляют 10...30%. [12] Темно-бурая листовая пятнистость ранее рассматривалась как вредоносная болезнь пшеницы в нетрадиционных регионах ее возделывания с высокой температурой и влажностью [17, 18], однако сильное развитие заболевания отмечено в Северо-Западном регионе России [13] и Татарстане. [1] Средние потери урожая пшеницы в России оцениваются в 10...30% [12], а в годы эпифитотийного развития болезни в благоприятных условиях могут достигать 100%. [17] Септориоз, вызываемый *S. nodorum* – широко распространен во многих частях мира, включая Российскую Федерацию. Среднегодовые потери урожая в связи с развитием этого заболевания в России составляют 10...30%. [12]

Несмотря на разработку достаточно широкого спектра методов защиты пшеницы от этих болезней, создание устойчивых сортов – наиболее экономически выгодно и экологически безопасно. Ранее выявленные и созданные доноры эффективной резистентности могут потерять этот признак как из-за быстрых микроэволюционных процессов в популяциях фитопатогенов, приводящих к изменению вирулентности и агрессивности, так и в большей степени из-за глобальных климатических изменений в основных регионах выращивания пшеницы. Следовательно, поиск новых источников устойчивости к основным заболеваниям остается актуальной задачей.

По литературным данным в Мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) присутствует большое количество образцов мягкой пшеницы устойчивых к листовой ржавчине [8, 22, 23], темно-бурой листовой пятнистости [9, 13] и септориозу. [4, 5] В то же время, нашими более ранними исследованиями установлено, что генофонд коллекции мягкой пшеницы ВИР крайне беден по генам эффективной проростковой и взрослой устойчивости к этим болезням. [14, 15]

Согласно третьему закону естественного иммунитета растений к инфекционным заболеваниям Н.И. Вавилова существует «соответствие реакции иммунитета к паразитическим заболеваниям с экологическим типом растения». [3] В качестве одного из примеров, доказывающих справедливость данного закона, Н.И. Вавилов приводит наличие большого количества форм мягкой пшеницы из Центрального и Южного Китая с резко выраженным иммунитетом к бурой ржавчине. Позднее была показана высокая частота образцов из Китая, устойчивых к темно-бурой листовой пятнистости. [13] Были выделены сорта пшеницы из КНР, высокоустойчивые к септориозу. [16] В мировой коллекции ВИР имеется 635 образцов яровой мягкой пшеницы происхождением из Китая. Основываясь на законе Вавилова и литературных данных, можно предположить наличие среди этого материала образцов,

ценных для селекции на устойчивость к вышеперечисленным болезням.

Цель работы – провести скрининг на эффективную ювенильную устойчивость к указанным заболеваниям китайских пшениц из коллекции ВИР и выделить селекционно-ценные формы.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения – 263 образца яровой мягкой пшеницы китайского происхождения, 163 из которых включены в коллекцию за последние 20 лет.

Из образцов новых поступлений значительная часть (125) поступила в коллекцию из Института генетических ресурсов сельскохозяйственных растений (Пекин). Они были доставлены сотрудниками ВИР В.Ф. Чапуриным в 2006 году и Н.Н. Дзюбенко в 2014. Девять образцов получены из Хэйлунцзянской академии сельскохозяйственных наук, 8 – из Синьцзянской сельскохозяйственной Академии, 7 переданы из Всероссийского института защиты растений (доставлены Т.Ю. Гагкаевой), три из Тианминской зерновой компании (привезены Е.Е. Радченко), из других источников – 11 образцов. Среди них: местные сорта – 12, селекционные линии – 10, селекционные сорта – 141.

Также были изучены 100 местных сортов из Китая, которые представлены следующим образом: 4 образца, собранных Н.И. Вавиловым в экспедиции 1929 в Синьцзян-Уйгурской провинции и 96 сортов, полученных в ВИР в 1932 году из Корнельского Университета США от профессора Г. Лау (Н.Н. Lowe). 194 образца яровой мягкой пшеницы были изучены на ювенильную устойчивость к грибным болезням в период с 2000 по 2020 год, 69 – в 2022 году.

Семена (15...20 шт.) высевали на смоченные водой ватные валики в три пластиковые кюветы, которые после прорастания семян помещали на светоустановку (22°C, постоянное освещение 2500 лк). Через 10 сут. проростки (один-два листа) помещали в прозрачные контейнеры и из пульверизатора опрыскивали водной суспензией спор возбудителей болезней.

Для заражения возбудителем листовой ржавчины в качестве инокулюма использовали сборную популяцию *P. triticina* (смесь сборов с листьев нескольких восприимчивых сортов пшеницы в Северо-Западном регионе России), которую поддерживали на отрезках листьев сорта пшеницы Ленинградка в световой камере (2500 лк, 20...22°C). В таких условиях популяция была вирулентна на линиях и сортах с генами устойчивости *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2c*, *Lr3bg*, *Lr10*, *Lr11*, *Lr12*, *Lr13*, *Lr14a*, *Lr14b*, *Lr15*, *Lr16*, *Lr17*, *Lr18*, *Lr20*, *Lr21*, *Lr22a*, *Lr22b*, *Lr23*, *Lr25*, *Lr26*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr27+31*, *Lr32*, *Lr33*, *Lr34*, *Lr35*, *Lr36*, *Lr37*, *Lr38*, *Lr43*, *Lr44*, *Lr45*, *Lr46*, *Lr48*, *Lr49*, *Lr52*, *Lr57*, *Lr60*, *Lr63*, *Lr64*, *Lr67* и авирулентна к генам резистентности *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr39* (= *Lr41*) и *Lr47*.

Полевую оценку устойчивости к листовой ржавчине в условиях Самарского НИИСХ и Пушкинских лабораторий ВИР проводили по методике ВИР. [7]

*B. sorokiniana* изолировали из пораженных листьев пшеницы (сбор в Северо-Западном регионе России) в чашках Петри на полуселективной среде

ЧЛМ с добавками. [14] Чашки инкубировали при 22...25°C в темноте. Инокулюм размножали на среде ЧЛМ. Конидии с поверхности среды скальпелем переносили в воду. Суспензию спор пяти изолятов фильтровали через двойной слой марли. Концентрацию спор определяли подсчетом их количества в капле объемом 5 мкл и довели до  $3 \times 10^4$  спор/мл.

Изоляты *S. nodorum* размножали на стерильной перловой крупе в колбах под ультрафиолетовым светом. [14] Инокулировали растения суспензией спор пяти изолятов *S. nodorum*, полученной из равного количества зараженных зерен каждого изолята. Зерна погружали в воду на 15 мин., затем их удаляли, а концентрацию конидий определяли по количеству спор в каплях суспензии (по 5 мкл). Конечная концентрация —  $10^7$  конидий/мл.

Контейнеры с зараженными растениями сразу закрывали полиэтиленовой пленкой и герметичной крышкой и помещали на светоустановку. На следующие сутки контейнеры с проростками, зараженными возбудителем ржавчины, открывали, а инокулированные возбудителями листовой пятнистости и септориоза оставляли закрытыми пленкой и крышкой до конца эксперимента.

Типы реакций на заражение *P. triticina* оценивали через 12 дней после инокуляции по общепринятой шкале с модификациями, где: 0 — отсутствие симптомов ржавчины; 0; — некротические пятна без образования пустул; 1 — очень мелкие пустулы, окруженные некрозом; 2 — пустулы среднего размера, окруженные некрозом или хлорозом; 3 — крупные пустулы без некроза; s.p. — единичные пустулы восприимчивого типа без некроза; X — пустулы разных типов на одном листе. Образцы с типами 0, 0;, 1 были классифицированы как высокоустойчивые, 2, ep. и X — умеренно устойчивые и 3 — восприимчивые.

Развитие темно-бурой листовой пятнистости и септориоза определяли на седьмые сутки после заражения возбудителями по шкале: 0 — отсутствие симптомов поражения, 1, 2, 3, 4 — поражено 10, 20, 30, 40% листовой поверхности, 5 — более 50%, 6 — гибель листа. Образцы с баллами поражения типами 0–1 рассматривали как высокоустойчивые, 2–4 — умеренно устойчивые и 5–6 — восприимчивые.

Образцы, выделенные как обладающие каким-либо уровнем резистентности к болезни по результатам одного эксперимента, проверяли в двух дополнительных независимых опытах по вышеприведенным методикам.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам трех независимых экспериментов все изученные 263 образца яровой мягкой пшеницы коллекции ВИР из Китая были высоковосприимчивы в ювенильной стадии к листовой ржавчине (тип реакции 3) (рис. 1, 3-я стр. обл.).

В полевых условиях Ленинградской области в 2003–2005 годах при низком развитии листовой ржавчины слабопораженными были селекционные сорта: Long 94-4083 (к-64396), Long 98-4723 (к-64397), Long 98-5211-1 (к-64398), Long 98-5501

(к-64399), Xin Ke Han 9 (к-64401). Местные образцы как давних, так и новых поступлений коллекции проявили высокую восприимчивость к болезни.

В условиях Самарской области в 2011–2013 годах (сильное развитие ржавчины) полевую устойчивость (балл 7) показали сорта: Zhong Pin 5 (к-65008), Long Fu 7 (к-66196), Long Fu 8 (к-66197), Long Fu 9 (к-66198), Long Fu 13 (к-66199).

В стадии одного-двух листьев все образцы были высоковосприимчивы к темно-бурой листовой пятнистости (баллы 5 и 6). (рис. 2, 3-я стр. обл.).

Только один образец к-67801 по результатам трех независимых экспериментов показал высокую устойчивость к инокулюму возбудителя септориоза (0-1 балл), остальные формы были поражены на 5–6 баллов (рис. 3, 3-я стр. обл.).

При изучении 3765 образцов мягкой пшеницы из коллекции ВИР на эффективную ювенильную устойчивость к листовой ржавчине, темно-бурой листовой пятнистости и септориозу было показано отсутствие высокорезистентных форм к двум последним болезням. К ржавчине были устойчивы 90 образцов, но все они защищены известными генами *Lr* 9, 19, 24 [14], причем каждый из них достаточно давно потерял эффективность в различных регионах РФ. Выявленное нами крайне узкое генетическое разнообразие по эффективным генам устойчивости пшеницы к вышеперечисленным болезням обуславливает актуальность поиска новых источников и доноров резистентности. Образцы пшеницы из Китая могут представлять интерес для такого поиска. Так, Н.И. Вавилов указывал на данный регион как важный для выделения форм пшеницы, устойчивых к листовой ржавчине. [2]

Однако, при изучении 100 местных пшениц из Китая была показана их восприимчивость к листовой ржавчине как в ювенильной стадии роста, так и в стадии флаг-листа. [6] Эти 100 образцов входили в сортимент, изучив который, Н.И. Вавилов делал вывод о высокой частоте резистентных к ржавчине форм. Изменение пораженности данных образцов в полевых условиях связано либо с изменением генетической структуры популяций возбудителя болезни, либо с существенным изменением агроклиматических условий (и через них на фенотипическое проявление вирулентности и агрессивности патогена). Китайские селекционные сорта пшеницы интенсивно изучаются в последние годы в КНР на устойчивость к листовой ржавчине. [19, 21, 24] Показана их восприимчивость к болезни в стадии проростков по крайней мере к некоторым монопустульным изолятам возбудителя заболевания, что указывает на отсутствие у них высокоэффективных генов ювенильной резистентности. Исключение — идентификация у сорта 12P106 Su 553 гена *Lr19* с помощью молекулярного маркирования. [21] С нашей точки зрения эта идентификация скорее всего ошибочна, поскольку сами авторы отмечают высокую эффективность данного гена устойчивости в Китае, при том что образец в поле сильно поражен листовой ржавчиной.

Все изученные 263 образца пшеницы были восприимчивы в стадии проростков к болезни и не представляют интереса для селекции на эффективную ювенильную устойчивость к листовой ржав-

чине. В полевых условиях по пять селекционных сортов были слабо поражены болезнью в двух регионах, вероятно они обладают генами резистентности взрослых растений (устойчивость по типу slow-rusting). Ранее устойчивость такого типа была выявлена среди селекционных сортов в условиях КНР. [19, 24]

Необходимо отметить, что набор образцов, предположительно обладающих полевой устойчивостью к листовой ржавчине, отличался в Северо-западном регионе РФ и среднем Поволжье, что может быть обусловлено как генетическими отличиями в структуре популяции возбудителя по признаку вирулентности, так и резкими отличиями в агроклиматических условиях этих регионов. Для рекомендации использования выделенных форм в селекции на устойчивость взрослых растений необходима дополнительная проверка их полевой резистентности при создании жестких инфекционных или провокационных фонов.

Ранее при изучении китайских пшениц из коллекции ВИР было показано, что 67% из них устойчивы к темно-бурой листовой пятнистости. Среди селекционного материала из Хэйлунцзянской академии сельскохозяйственных наук резистентны к болезни 38% образцов. [13] Однако в настоящей работе все изученные образцы были высоковосприимчивы к болезни. Резкие отличия наших данных от цитируемых связаны в первую очередь с использованием разных методик оценки устойчивости. Мы заражали интактные проростки смесью изолятов патогена и оценивали степень развития болезни на седьмые сутки после инокуляции *B. sorokiniana*, тогда как автор цитируемой работы инокулировала отрезки листьев в бензимидазоле единичными изолятами гриба и балл поражения учитывала через трое суток после заражения. Использование данной методики приводит к выделению большого количества образцов, которые затем не подтверждают свою резистентность при заражении интактных растений. [14]

При изучении ограниченного набора новейших поступлений коллекции ВИР на устойчивость к септориозу были выделены три образца из Китая, резистентных к *S. nodorum* в ювенильной стадии роста. [16] Но все они были восприимчивы в настоящей работе. Различия в результатах скорее всего обусловлены разницей в методиках заражения растений возбудителем болезни. В цитируемой работе заражали либо интактные проростки без создания условий постоянной влажности, либо отрезки листьев в бензимидазоле. При этом концентрация спор патогена была 1 млн/мл суспензии. В нашей работе концентрация спор — 10 млн/мл, а интактные проростки заражались с созданием условий высокой влажности. Только один образец Bai Quann 2143 (к-67801) из 263 изученных по результатам исследования проявил высокий уровень резистентности. После проверки в стадии взрослого растения он может быть рекомендован для селекции на устойчивость к септориозу. Такого уровня ювенильной резистентности ранее нами не наблюдалось среди тысяч изученных образцов из коллекции ВИР.

Таким образом, показана восприимчивость в ювенильной стадии образцов коллекции ВИР происхождением из Китая к листовой ржавчине

и темно-бурой листовой пятнистости. К септориозу, вызываемому *S. nodorum* устойчив в данной стадии онтогенеза только один сорт Bai Quann 2143.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Асхадуллин Дан.Ф., Асхадуллин Дам.Ф., Василова Н.З. и др.// Темно-бурая листовая пятнистость на яровой мягкой пшенице в Татарстане // Защита и карантин растений. 2018. № 9. С. 17–19.
2. Вавилов Н.И. Законы естественного иммунитета к инфекционным заболеваниям (ключи к нахождению иммунных форм). Избранные произведения в 2-х томах. Т. 2. Л.: «Наука», 1967. С. 396.
3. Вавилов Н.И. Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям. М.: Наука, 1986. С. 486.
4. Колесников Л.Е., Власова Э.А., Виноградов А.А. Развитие септориоза на коллекционных образцах мягкой пшеницы // Сельскохозяйственная биология. 2009. № 5. С. 90–93.
5. Коломиец Т.М., Панкратова Л.Ф., Скatenок О.О. и др. Создание генбанка источников устойчивости сортов пшеницы к септориозу // Защита и карантин растений. 2015. № 7. С. 44–46.
6. Курбанова П.М. Генетическое разнообразие яровой мягкой пшеницы по эффективной возрастной устойчивости к листовой ржавчине / П.М. Курбанова: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. С-Пб.: ВИР, 2011. 20 с.
7. Мережка А.Ф., Удачин Р.А., Зуев Е.В. и др. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопа и тритикале // Методические указания. СПб.: ВИР, 1999. 81 с.
8. Михайлова Л.А. Генетика взаимоотношений возбудителя бурой ржавчины и пшеницы / Под ред. М.М. Левитина. С-Пб, 2006. 80 с.
9. Михайлова Л.А., Коваленко Н.М., Смурова С.Г. и др. Устойчивость видов *Triticum L.* и *Aegilops L.* из коллекции ВИР к возбудителям желтой и темно-бурой листовых пятнистостей (каталог). С-Пб, 2007. 60 с.
10. Официальный сайт ФАО — <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (дата обращения 15 мая 2022 г.).
11. Официальный сайт Росстат — <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13226> (дата обращения 15 апреля 2022 г.).
12. Санин С.С., Макаров А.А. Биологические, агроэкологические и экономические аспекты фитосанитарного мониторинга // Вестник защиты растений. 1999. Вып. 1. С. 62–77.
13. Смурова С.Г. Новые источники и доноры устойчивости пшеницы к *Cochliobolus sativus* Drechs. Ex Dastur. Дисс. ... канд. биол. наук. С-Пб.: ВИЗР, 2008. 236 с.
14. Тырышкин Л.Г. Генетическое разнообразие пшеницы и ячменя по эффективной устойчивости к болезням и возможности его расширения. Дисс. ... докт. биол. наук. С-Пб.: ВИР, 2007. 251 с.
15. Тырышкин Л.Г., Сюков В.В., Захаров В.Г. и др. Источники эффективной устойчивости мягкой пшеницы и ее родичей к грибным болезням — поиск, создание и использование в селекции // Труды по прикл. бот., ген. и сел. 2012. Т. 170. С. 186–199.
16. Харина А.В., Шешегова Т.К. Сравнительный анализ методов оценки яровой мягкой пшеницы на устойчивость к *Parastagonospora nodorum* и поиск источников признака для селекции // Аграрная наука Северо-Востока. 2022. Т. 23. № 2. С. 230–238. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.2.230-238.

17. Chowdhury A.K., Singh G., Tyagi B.S. et al. Spot blotch disease of wheat – a new thrust area for sustaining productivity // *Journal Wheat Res.* 2013. Vol. 5. № 2. P. 1–11.
18. Duveiller E.M., Sharma R.C. Genetic improvement and crop management strategies to minimize yield losses in warm non-traditional wheat growing areas due to spot blotch pathogen *Cochliobolus sativus* // *Journal of Phytopathology.* 2009. Vol. 157. Issue 9. P. 521–534.
19. Li Z.F., Xia X.C., He Z.H. et al. Seedling and slow rusting resistance to leaf rust in Chinese wheat cultivars // *Plant Dis.* 2010. Vol. 94. № 1. P. 45–53. DOI: 10.1094/PDIS-94-1-0045.
20. Phan H.T.T., Rybak K., Bertazzoni S. et al. Novel sources of resistance to *Septoria nodorum* blotch in the Vavilov wheat collection identified by genome-wide association studies // *Theor. Appl. Genet.* 2018. Vol. 131. № 6. P. 1223–1238. DOI: 10.1007/s00122-018-3073-y.
21. Ren Z., Li Z., Shi L. et al. Molecular identification of wheat leaf rust resistance genes in sixty Chinese wheat cultivars // *Czech J. Genet. Plant Breed.* 2018. Vol. 54. № 1. P. 1–8. DOI: 10.17221/6/2016-CJGPB.
22. Riaz A., Athiyannan N., Periyannan S. et al. Mining Vavilov's treasure chest of wheat diversity for adult plant resistance to *Puccinia triticina* // *Plant Disease.* 2017. Vol. 101. № 2. P. 317–323. DOI: 10.1094/PDIS-05-16-0614-RE.
23. Riaz A., Athiyannan N., Periyannan S.K. et al. Unlocking new alleles for leaf rust resistance in the Vavilov wheat collection // *Theor. Appl. Genet.* 2018. Vol. 131. № 8. P. 127–144. DOI: 10.1007/s00122-017-2990-5.
24. Gebrewahid T.W., Yao Z., Yan X. et al. Identification of leaf rust resistance genes in Chinese common wheat cultivars // *Plant Disease.* 2017. Vol. 101. № 10. P. 1729–1737. DOI: 10.1094/PDIS-02-17-0247-RE 39.
9. Mihajlova L.A., Kovalenko N.M., Smurova S.G. i dr. Ustojchivost' vidov *Triticum L.* i *Aegilops L.* iz kolekcii VIR k vzbuditel'nyam zheltoj i temno-buroj listovyh pyatnistostej (katalog). S-Pb, 2007. 60 s.
10. Oficial'nyj sajt FAO – <https://www.fao.org/faostat/en/#-data/QCL> (data obrashcheniya 15 maya 2022 g.).
11. Oficial'nyj sajt Rosstat – <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13226> (data obrashcheniya 15 aprelya 2022 g.).
12. Sanin S.S., Makarov A.A. Biologicheskie, agroekologicheskie i ekonomicheskie aspekty fitosanitarnogo monitoringa // *Vestnik zashchity rastenij.* 1999. Vyp. 1. S. 62–77.
13. Smurova S.G. Novye istochniki i donory ustojchivosti pshenicy k *Cochliobolus sativus* Drechs. Ex Dastur. Diss. ... kand. biol. nauk. S-Pb.: VIZR, 2008. 236 s.
14. Tyryshkin L.G. Geneticheskoe raznoobrazie pshenicy i yachmenya po effektivnoj ustojchivosti k boleznyam i vozmozhnosti ego rasshireniya. Diss. ... dokt. biol. nauk. S-Pb.: VIR, 2007. 251 s.
15. Tyryshkin L.G., Syukov V.V., Zaharov V.G. i dr. Istochniki effektivnoj ustojchivosti myagkoj pshenicy i ee rodichej k gribnym boleznyam – poisk, sozdanie i ispol'zovanie v selekcii // *Trudy po prikl. bot., gen. i sel.* 2012. T. 170. S. 186–199.
16. Harina A.V., SHeshegova T.K. Sravnitel'nyj analiz metodov ocenki yarovoj myagkoj pshenicy na ustojchivost' k *Parastagonospora nodorum* i poisk istochnikov priznaka dlya selekcii // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka.* 2022. T. 23. № 2. S. 230–238. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.2.230-238.
17. Chowdhury A.K., Singh G., Tyagi B.S. et al. Spot blotch disease of wheat – a new thrust area for sustaining productivity // *Journal Wheat Res.* 2013. Vol. 5. № 2. P. 1–11.
18. Duveiller E.M., Sharma R.C. Genetic improvement and crop management strategies to minimize yield losses in warm non-traditional wheat growing areas due to spot blotch pathogen *Cochliobolus sativus* // *Journal of Phytopathology.* 2009. Vol. 157. Issue 9. P. 521–534.
19. Li Z.F., Xia X.C., He Z.H. et al. Seedling and slow rusting resistance to leaf rust in Chinese wheat cultivars // *Plant Dis.* 2010. Vol. 94. № 1. P. 45–53. DOI: 10.1094/PDIS-94-1-0045.
20. Phan H.T.T., Rybak K., Bertazzoni S. et al. Novel sources of resistance to *Septoria nodorum* blotch in the Vavilov wheat collection identified by genome-wide association studies // *Theor. Appl. Genet.* 2018. Vol. 131. № 6. P. 1223–1238. DOI: 10.1007/s00122-018-3073-y.
21. Ren Z., Li Z., Shi L. et al. Molecular identification of wheat leaf rust resistance genes in sixty Chinese wheat cultivars // *Czech J. Genet. Plant Breed.* 2018. Vol. 54. № 1. P. 1–8. DOI: 10.17221/6/2016-CJGPB.
22. Riaz A., Athiyannan N., Periyannan S. et al. Mining Vavilov's treasure chest of wheat diversity for adult plant resistance to *Puccinia triticina* // *Plant Disease.* 2017. Vol. 101. № 2. P. 317–323. DOI: 10.1094/PDIS-05-16-0614-RE.
23. Riaz A., Athiyannan N., Periyannan S.K. et al. Unlocking new alleles for leaf rust resistance in the Vavilov wheat collection // *Theor. Appl. Genet.* 2018. Vol. 131. № 8. P. 127–144. DOI: 10.1007/s00122-017-2990-5.
24. Gebrewahid T.W., Yao Z., Yan X. et al. Identification of leaf rust resistance genes in Chinese common wheat cultivars // *Plant Disease.* 2017. Vol. 101. № 10. P. 1729–1737. DOI: 10.1094/PDIS-02-17-0247-RE 39.

## REFERENCES

1. Askhadullin Dan.F., Askhadullin Dam.F., Vasilova N.Z. i dr. // *Temno-buraya listovaya pyatnistost' na yarovoj myagkoj pshenice v Tatarstane* // *Zashchita i karantin rastenij.* 2018. № 9. S. 17–19.
2. Vavilov N.I. Zakony estestvennogo immuniteta k infekcionnym zabolevaniyam (klyuchi k nahozhdeniyu immunnyh form). Izbrannye proizvedeniya v 2-h tomah. T. 2. L.: «Nauka», 1967. S. 396.
3. Vavilov N.I. Immunitet rastenij k infekcionnym zabolevaniyam. M.: Nauka, 1986. S. 486.
4. Kolesnikov L.E., Vlasova E.A., Vinogradov A.A. Razvitie septorioza na kolekcionnyh obrazcah myagkoj pshenicy // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya.* 2009. № 5. S. 90–93.
5. Kolomic T.M., Pankratova L.F., Skatenok O.O. i dr. Sozdanie genbanka istochnikov ustojchivosti sortov pshenicy k septoriozu // *Zashchita i karantin rastenij.* 2015. № 7. S. 44–46.
6. Kurbanova P.M. Geneticheskoe raznoobrazie yarovoj myagkoj pshenicy po effektivnoj vozrastnoj ustojchivosti k listovoj rzhavchine / P.M. Kurbanova: Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk. S-Pb.: VIR, 2011. 20 s.
7. Merezhko A.F., Udachin R.A., Zuev E.V. i dr. Popolnenie, sohranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoj kolekcii pshenicy, egilopsa i tritikale // *Metodicheskie ukazaniya.* SPb.: VIR, 1999. 81 s.
8. Mihajlova L.A. Genetika vzaimootnoshenij vzbuditel'nyh buroj rzhavchiny i pshenicy / Pod red. M.M. Levitina. S-Pb, 2006. 80 s.