

ИСТОЧНИКИ УСТОЙЧИВОСТИ ЯЧМЕНЯ К ГЕЛЬМИНТОСПОРИОЗНЫМ БОЛЕЗНЯМ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ФАНЦ СЕВЕРО-ВОСТОКА

Т.К. Шешегова, доктор биологических наук, профессор

И.Н. Щенникова, доктор сельскохозяйственных наук,
член-корреспондент РАН

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока

им. Н.В. Рудницкого, Киров, Россия

E-mail: immunitet@fanc-sv.ru

Ключевые слова: *Hordeum vulgare* L., коллекция ВИР, болезни, латентный период, источники slow rusting и селекционных признаков

Реферат. В условиях достаточно жесткого естественного инфекционного фона гельминтоспориозов (полосатая, сетчатая и темно-бурая пятнистости) в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2018–2019 гг. изучено 70 образцов ярового ячменя из коллекции ВИР. Учет пятнистостей проводили 4–5 раз в течение онтогенеза растений каждые 10–12 дней начиная с фазы 29 по шкале Цадокса. При учете болезней использовали методику О.С. Афанасенко (2005). Характер растительно-микробных взаимодействий оценивали по показателям ПКРБ (площадь под кривой развития болезни) и ИУ (индекс устойчивости). В ходе иммунологического менеджмента выявлено 11 образцов, устойчивых к темно-бурой пятнистости, при степени поражения 10,0–13,0%, значениях ПКРБ 167–223, ИУ – 0,18–0,25; 18 образцов, устойчивых к сетчатой пятнистости (6,0–10,0%, ПКРБ – 53–103, ИУ – 0,18–0,35), и 29 образцов, характеризующихся иммунитетом и высокой устойчивостью к полосатой пятнистости (0–5,0%, ПКРБ – 10–75, ИУ – 0,01–0,09). Однако только 4 образца (Макво, Калькуль, Буян и Форвард) отличаются групповой неспецифической устойчивостью к сетчатой и темно-бурой пятнистости и иммунитетом к полосатой. Наиболее продолжительный латентный период (2–7 суток) темно-бурой пятнистости выявлен у 8 образцов, сетчатой пятнистости (2–13 суток) – у 16 образцов. По отношению к темно-бурой пятнистости относительно длинный латентный период имел сорт NCL 95098 (Аргентина), к сетчатой пятнистости – местные сорта из Афганистана (к-5983) и Китая (к-2929). Однако только сорта Бадьорый, Макво, Rodos и Буян характеризуются равноценной динамикой развития обеих пятнистостей и медленным нарастанием (slow rusting) болезней в онтогенезе. Между продолжительностью латентного периода и поражением установлена слабая ($r = -0,33$ – сетчатая) и средняя ($r = -0,58$ – темно-бурая) отрицательная зависимость. Уравнения регрессии ($y = -0,6071x + 6,8571$; $R^2 = 0,917$ – темно-бурая; $y = -0,3941x + 11,35$; $R^2 = 0,733$ – сетчатая) свидетельствуют, что от заражения до появления первых симптомов болезней суточное нарастание их по тренду составляет 0,61 и 0,39%. Перспективными для использования в селекционных программах по созданию высокоурожайных адаптивных к условиям региона являются сорта Калькуль, NCL 95098, Бадьорый и Буян. Кроме устойчивости, они выделяются количеством продуктивных стеблей, длинным, хорошо озерненным колосом и высокой продуктивностью.

SOURCES OF BARLEY RESISTANCE TO HELMINTHOSPORIOTIC DISEASES AND THEIR USE IN THE NORTH-EAST FARC

Sheshegova T.K., Dr. of Biological Sc., Professor

Shchennikova I.N., Dr. of Agricultural Sc., Correspondent Member of RAS

Federal Agricultural Research Centre named after N. Rudnitsky, Kirov, Russia

Key words: *Hordeum vulgare* L., collection of ВІР, diseases, time of occurrence, slow rusting and selection features.

Abstract. The paper explores 70 samples of spring barley from the collection of WIR under conditions of rather rigid natural infectious helminthosporioses (striped, reticulated and dark brown spotting) in FARC of the North-East in 2018-2019. The spotting was investigated 4-5 times during plants ontogenesis every 10-12 days since the phase 29 on the Cadox scale. The methodology suggested by O.S. Afanasenko (2005) was used to assess the diseases. The nature of vegetative-microbial interactions was evaluated by SCDP (square under the curve of disease progress) and IS (stability index) indicators. During immunological experiment, the authors observed 11 samples resistant to dark brown spotting with lesion rate 10.0-13.0%, SCDP parameters equal 167-223, DUT was 0.18-0.25; 18 samples resistant to reticular spotting (6.0-10.0%, PCRB - 53-103, DUT - 0.18-0.35), and 29 samples characterized by immunity and high resistance to stripe spotting (0-5.0%, SCDP - 10-75). IS - 0.01-0.09). Only 4 samples (Makbo, Kalkul, Buyan and Forward) are characterized by group non-specific resistance to reticulate and dark brown spotting and striate immunity. The longest occurrence period (2-7 days) of dark brown spotting was observed in 8 samples, and reticulum spotting (2-13 days) - in 16 samples. The paper finds out that NCL 95098 (Argentina) had the relatively long occurrence period in terms of dark brown spotting, and varieties from Afghanistan (k-5983) and China (k-2929) to reticulate spotting. Badiory, Makbo, Rodos, and Buyan varieties have equal dynamics of both spotting and slow rusting of diseases in ontogenesis. There is a weak ($r = -0.33$ - reticulate) and medium ($r = -0.58$ - dark brown) negative correlation between the latent period and the defeat. The regression equations ($y = -0,6071x + 6,8571$; $R^2 = 0,917$ - dark brown; $y = -0,3941x + 11,35$; $R^2 = 0,733$ - reticulated) show that from infection to the first disease symptoms, their daily increase in trend is 0,61 and 0,39%. Kalkul, NCL 95098, Badioryi and Buyan varieties are seen as effective promising for selection programs to produce high yield adaptive varieties under the conditions of the region. Apart from stability, they are distinguished by the number of productive stems, long, well-grained ears and high productivity.

Среди многих болезней ярового ячменя наибольшее распространение и экономически значимую вредоносность на Евро-Северо-Востоке РФ имеют так называемые гельминтоспориозы. Это, прежде всего, корневые гнили (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. и *Fusarium* spp.) и пятнистости листьев: сетчатая (*Pyrenophora teres*, анаморфа – *Drechslera teres* (Sacc.) Shoem.), полосатая (*Pyrenophora graminea* Ito., анаморфа – *Drechslera graminea* (Sacc.) Shoem.) и темно-бурая (*Cochliobolus sativus* (Ito.), анаморфа – *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem.) [1]. Раннее и сочетанное проявление этих болезней повышает инфекци-

онный фон патогенов в полевых биоценозах, приводит к снижению ассимиляционной поверхности, что негативно влияет на фотосинтез и продуктивность растений. До настоящего времени в производстве отсутствуют сорта ячменя с экономически значимой устойчивостью к гельминтоспориозным болезням. Кроме того, пораженность зерна гельминтоспориозной инфекцией может достигать 40% [2]. Поэтому поиск таких форм в разных генфондах культуры является весьма актуальным для селекции в заданном направлении.

Выбор типа устойчивости на определенной географической территории определяет-

ся различными факторами эпидемиологического и экономического порядка. Чаще всего в производстве востребована неспецифическая устойчивость, обуславливающая биологически значимый гомеостаз растений. Она более продолжительна по времени, поскольку детерминирована малыми генами с аддитивным эффектом и проявляется в уменьшении количества пятен (пустул) на поверхности листа и увеличении длительности латентного периода [3]. В этом случае в популяции патогена снижается возможность накопления мутаций вирулентности, что ограничивает скорость развития эпифитотий [4, 5]. Генотипы с длительной неспецифической устойчивостью могут быть выявлены с учетом внутривидовой (сортовой) дифференциации растения-хозяина и патогена и их парных взаимодействий. Для этого можно использовать оценку скорости нарастания инфекции, которая выражается площадью под кривой развития болезни (ПКРБ) [6]. Мониторинг болезни в динамике онтогенеза позволяет составить более полное представление о ее вредоносности и возможных эпифитотиях, а также выявить сорта с медленным нарастанием инфекции (slow rusting) или восприимчивые в начале развития. При этом устойчивость к стрессовым факторам должна разумно сочетаться с высокими показателями селекционно-ценных признаков [7, 8].

Цель исследований – изучить уровень устойчивости новых сортов ярового ячменя к тёмно-бурой, сетчатой и полосатой пятнистости и выявить иммунологически-ценные для практической селекции.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2018–2019 гг. Материалом являлись 70 новых образцов из мировой коллекции ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР), представленных образцами из РФ, стран ЕС, США и Канады, южной Америки, Австралии и др. Семена были высе-

яны в коллекционном питомнике на делянках площадью 2,7 м². Повторность в иммунологических исследованиях двухкратная. Объем выборки для анализа – по 30 растений каждого сорта. Мониторинг болезней проводили в динамике онтогенеза растений и нарастания грибной инфекции в биоценозе сортов. Для этого начиная с первых симптомов поражения через каждые 10–12 дней оценивали степень развития листовых пятнистостей с использованием критериев устойчивости [9]: размер и количество пятен на листе, их расположение в стеблестое (нижний и верхний ярус, поражение флагового листа). Одновременно определяли латентный период патогенеза как разницу между датой первых симптомов болезни у наиболее восприимчивого сорта и их проявлением у устойчивых сортов. В этой связи объективно оценивать сорта по уровню неспецифической устойчивости или slow rusting можно по индексу устойчивости (ИУ). По показателю ИУ генотипы условно делятся на 4 группы: 0,10–0,35 – высокоустойчивые; 0,36–0,65 – среднеустойчивые; 0,66–0,80 – слабоустойчивые; более 0,81 – восприимчивые [10].

По окончании мониторинга оценивали скорость нарастания грибной инфекции с использованием показателя ПКРБ (площадь под кривой развития болезни):

$$S = \frac{(X_1 + X_2) \cdot (t_2 - t_1)}{2} + (X_{n-1} + X_n) \cdot (t_n + t_{n-1}),$$

где X_1 – интенсивность развития болезни в первый учет, %;

X_2 – интенсивность развития болезни во второй учет, %;

X_n – интенсивность развития болезни в последний учет, %;

X_{n-1} – интенсивность развития болезни между последним и предпоследним учетом, %;

$t_2 - t_1$ – количество дней между первым и вторым учетом;

$t_n + t_{n-1}$ – количество дней между последним и предпоследним учетом.

Чем меньше значение ПКРБ, тем медленнее идет нарастание инфекции в биоценозе конкретного сорта. Однако абсолютные зна-

чения ПКРБ варьируют по годам из-за неоднозначного действия климатических и инфекционных факторов, и сравнение результатов ПКРБ достаточно затруднительно. Надо сказать, что годы исследований были избыточно увлажненными в период вегетации ячменя (ГТК от всходов до восковой спелости превышал 1,6). Эти факторы усиливали развитие всех гелиминтоспориозных пятнистостей, а степень поражения индикаторных сортов достигала 40%. Жесткие провокационные условия позволили объективно проанализировать растительно-микробные взаимодействия в патосистемах и выявить иммунологически ценные формы для дальнейшей селекции.

Иммунологическую характеристику образцам давали на основании уровня развития болезней [11]: иммунитет – отсутствие симптомов поражения листьев; высокая устойчивость – до 15%; средняя устойчивость – до 45%; восприимчивость – до 65%; высокая восприимчивость – более 66%.

Оценка коллекционного материала проведена согласно методике [12] по основным селекционно-ценным признакам: продолжительность вегетационного периода, устойчивость к полеганию, структура продуктивности. В качестве стандарта использовали сорт Белгородский 100.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Мониторинг темно-бурой пятнистости. Первые симптомы болезни на уровне 1,0–3,3% у коллекционных образцов диагностированы в фазы 29–30 по шкале Цадокса (конец кущения – начало выхода в трубку). Отсутствовали симптомы болезни в эти фазы у 16 образцов. При втором учете (фаза 37 – появление флагового листа) иммунных уже не выявлено, а 46 образцов проявили высокую устойчивость. При последующих учетах число таких форм снизилось до 37 (3-й учёт), 15 (4-й) и 11 (5-й учёт).

Оценивая коллекционные образцы в фазу 75 (молочная спелость зерна) по критериям устойчивости и показателю ПКРБ, можно вы-

делить 11 с наилучшим состоянием признаков: Медикум 125 и Медикум 176 (Казахстан), Беар (США), Калькуль и Orthega (Германия), Макбо (Австралия), NCL 95098 (Аргентина), Бадьорый (Украина), местный к-3506 (Индия), Буян и Форвард (Россия). Степень поражения их была на уровне 10,0–13,0% при значениях ПКРБ 167–223, ИУ – 0,18–0,25. Состояние признаков у индикаторного сорта Щедрый (РФ) – 30,0% и 904 ед.

Мониторинг сетчатой пятнистости. Начало болезни выявлено у 11 образцов в фазу 29. В фазы 32, 51 и 55 происходило незначительное нарастание инфекции. При последнем учете (фаза 75) иммунных форм не выявлено, но часть коллекционных образцов характеризовались как высокоустойчивые и устойчивые. Среди них: Калькуль (Германия), местные сорта к-2929 и к-2930 (Китай), местный к-3506 (Индия), местный к-5983 (Афганистан), Макбо и Fitzroy (Австралия), СИ 11084 (Перу), NCL 95098 (Аргентина), Сябра (Беларусь), Юкатан (Украина), Rodos (Польша), Медикум 11, Медикум 125 и Медикум 176 (Казахстан), Буян, Оленек и Форвард (Россия). Степень поражения их была на уровне 6,0–10,0%, значения ПКРБ – 53–103, ИУ – 0,18–0,35 при состоянии признаков у индикаторного сорта Sultan (Нидерланды) 22,0% и 451 ед.

Мониторинг полосатой пятнистости. Среди гелиминтоспориозов ячменя эта болезнь имеет наибольшую вредоносность, поскольку сильнопораженные растения либо не формируют генеративных органов, либо колос бесплоден. В изученном генофонде ячменя из коллекции ВИР 29 образцов не имели симптомов болезни. У других образцов доля инфицированных растений в биоценозе не превышала 5,0% при состоянии значений ПКРБ 10–75 и ИУ 0,01–0,09; у индикаторного сорта Полярный 14 (Россия) поражение в среднем составило 40%, а значение ПКРБ – 806 ед.

Таким образом, в изученной генетической коллекции ВИР выявлено 4 образца ярового ячменя, характеризующихся групповой неспецифической устойчивостью к сетчатой и

темно-бурой пятнистости и иммунитетом к полосатой: Макбо, Калькуль, Буян и Форвард. Особенностью патогенеза таких растительно-микробных взаимодействий является длительный латентный период, уменьшение количества пятен на листьях и медленное нарастание инфекции. Устойчивость генотипов контролируется, как правило, аддитивным действием многих генов, которые по отдельности не имеют заметного фенотипического эффекта.

Среди изученного генофонда наиболее продолжительным латентным периодом патогенеза темно-бурой и сетчатой пятнистости отличаются сорта, представленные на рис. 1, 2.

Этот важный фактор активного иммунитета замедляет развитие патогенов и снижает инфекционную нагрузку на полевые биоценозы. Среди них сорта Бадьорый, Макбо, Rodos и Буян характеризуются равноценной динамикой развития обеих пятнистостей. Наиболее длительный латентный период темно-бурой пятнистости имел аргентинский сорт NCL 95098. Симптомы болезни у него проявились лишь на седьмой день после поражения восприимчивого сорта Щедрый. По отношению к сетчатой пятнистости относительно длинный латентный период (в среднем 11–13 суток) имели местные сорта из Афганистана (к-5983) и Китая (к-2929).

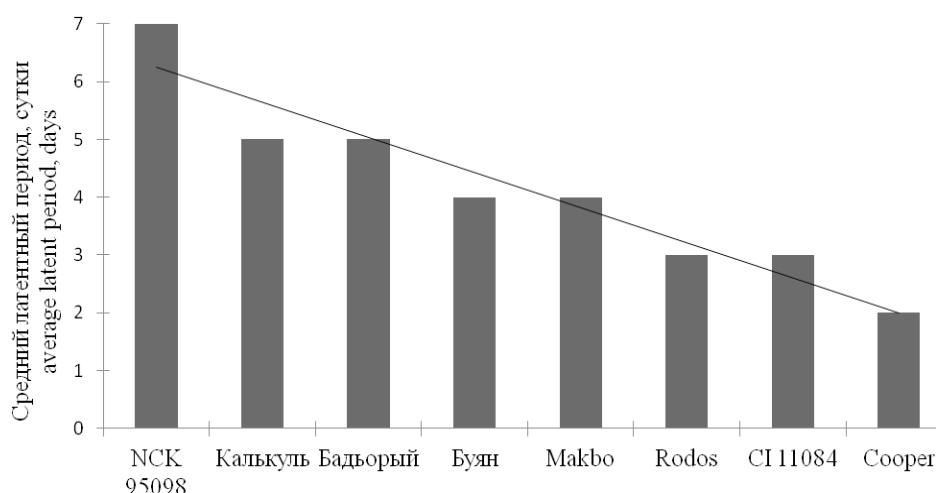


Рис. 1. Сорта ячменя с наиболее длительным латентным периодом темно-бурой пятнистости
Barley varieties with the longest latent dark brown spotting period

Уравнение регрессии носит линейный характер ($y = -0,6071x + 6,8571$; $R^2 = 0,917$), на основании которого можно утверждать, что от заражения до появления первых симптомов

тёмно-бурой пятнистости суточное нарастание болезни по тренду составляет 0,61%. Величина коэффициента детерминации $R^2 = 0,917$ характеризуется как сильная.

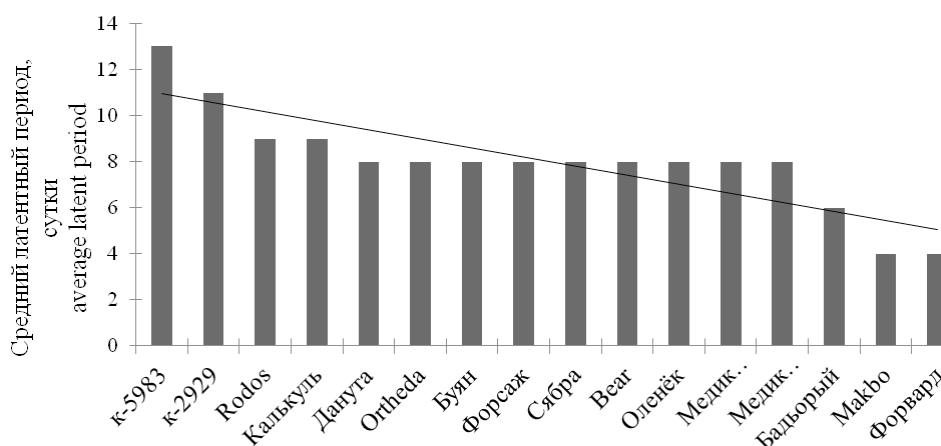


Рис. 2. Сорта ячменя с продолжительным латентным периодом сетчатой пятнистости
Barley varieties with long latent reticulum period

Уравнение регрессии по сетчатой пятнистости ($y = -0,3941x + 11,35$; $R^2 = 0,733$) свидетельствует, что от заражения до появления первых симптомов болезни нарастание болезни по тренду ежесуточно составляет 0,39%. Для прогнозирования временных рядов на рисунках представлена простая скользящая средняя (SMA – Simple Moving Average), которая сглаживает динамический ряд значений и позволяет точнее проследить тенденцию среднесуточного латентного периода проявления болезней. Между продолжительностью латентного периода и степенью поражения гельминтоспориозными пятнистостями установлена слабая ($r = -0,33$ – сетчатая) и средняя ($r = -0,58$ – темно-бурая) отрицательная зависимость.

Принимая во внимание тот факт, что повышение потенциала урожайности зани-

мает доминирующее место среди селекционных целей, все исследования в конечном итоге направлены на решение этой задачи. Использовать выделенные сорта для дальнейшей селекционной работы необходимо с учетом наличия у них селекционно-ценных признаков и свойств. Перспективными для использования в селекционных программах по созданию высокоурожайных адаптивных к условиям региона являются сорта Калькуль, NCL 95098, Бадьорый и Буян. Помимо устойчивости к болезням, они выделяются количеством продуктивных стеблей на растении, длинным, хорошо озерненным колосом и, как результат, высокой продуктивностью (таблица). Форвард – сорт регенерантного происхождения [13] – отличается устойчивостью к повышенной кислотности почв.

Характеристика перспективных для селекции сортов ячменя
Characteristics of the spring barley varieties effective for selection

Сорт	Высота, см	Продуктивная кустистость, шт.	Колос		Масса зерна, г		Вегетационный период, дней	Устойчивость к полеганию, баллов
			длина, см	количество зерен, шт.	с колоса	с растения		
Белгородский 100, стандарт	53,8	1,70	6,1	15,9	0,80	1,17	76	9,0
Форвард	64,0	1,40	6,0	19,0	0,85	1,06	76	9,0
Буян	85,7	1,85	8,3	23,9	1,09	1,75	76	7,5
Калькуль	56,9	3,15	7,9	21,1	1,11	2,77	78	9,0
Макбо	60,4	1,25	5,1	30,6	0,97	1,11	75	5,0
Бадьорый	73,2	2,25	7,8	19,9	1,04	1,95	76	8,5
Rodos	55,1	2,40	5,6	18,5	0,91	1,75	76	9,0
NCL 95098	61,3	3,50	6,5	17,3	0,90	2,13	76	9,0
НСР ₀₅	7,8	0,8	0,7	5,8	0,23	0,5		

При подборе пар для скрещивания необходимо учитывать как положительные, так и отрицательные характеристики сортов. При использовании выделенных по устойчивости к болезням образцов следует принимать во внимание их слабую кустистость и низкую продуктивность (Форвард, Макбо), длину колоса (Макбо, Rodos) и склонность к полеганию (Буян, Макбо).

ВЫВОДЫ

1. Выявленные устойчивые образцы ярового ячменя, характеризующиеся медленным нарастанием (slow rusting) гельминтоспориозных пятнистостей, могут быть использованы в селекционной практике как генетические источники.

2. Особую ценность представляют сорта Калькуль, NCL 95098, Бадьорый и Буян для использования в качестве комплексных источников в программах скрещиваний. В этом плане практический интерес представляют сочетания устойчивости с другими селекционными признаками. В этом плане практический интерес представляют сочетания устойчивости с другими селекционными признаками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шешегова Т.К. Анализ фитосанитарного состояния посевов яровых зерновых культур в Кировской области (аналитический обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 5(48). – С. 10–14. – URL: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2015.48.5.10-14>.
2. Mapping of the loci controlling the resistance to *Pyrenophora teres f. teres* and *Cochliobolus sativus* in two double haploid barley populations / O.S. Afanasenko, A.V. Koziakov, P.E. Hedlay [et al.] // Russian Journal of Genetics: Applied Research. – 2015. – Vol. 5. – P. 242–253. – URL: <https://doi.org/10.1134/S2079059715030028>.
3. Афанасенко О.С. Устойчивость ячменя к гемибиотрофным патогенам // Идентифицированный генофонд растений и селекция. – СПб.: ВИР, 2005. – С. 592–609.
4. Михайлова Л.А. Генетика устойчивости пшеницы к бурой ржавчине // Типы устойчивости растений к болезням: материалы науч. семинара / Всерос. НИИ защиты растений, Инновационный центр защиты растений. – СПб., 2003. – С. 45–60.
5. Poyntz B., Hyde P.M. The expression of resistance of wheat to *Puccinia recondita* // Phytopathology. – 1987. – Vol. 12. – P. 136–142.
6. Johnson D.F., Wilcoxson R.D. A table of areas under disease progress curves // Technical Bulletin, Texas Agriculture Experiment Station. Texas. – 1981. – Vol. 137. – P. 2–10.
7. Создание исходного материала овощных культур: идеи Н.И. Вавилова и современные технологии / В.Ф. Пивоваров, О.Н. Пышная, Н.А. Шмыкова, Л.К. Гуркина // Сельскохозяйственная биология. – 2012. – № 5. – С. 39–47.
8. Баталова Г.А. Селекция зерновых культур на иммунитет на северо-востоке европейской территории России // Зерновое хозяйство России. – 2017. – № 3. – С. 8–11.
9. Комплексная устойчивость отечественных и интродуцированных сортов ячменя к листовым болезням и шведской мухе в условиях Ленинградской области / А.В. Анисимова, А.Г. Семенова, И.О. Юдин, Т.Н. Радюкевич // Известия СПбГАУ. – 2017. – № 2(47). – С. 41–48.
10. Методы оценки и отбора исходного материала при создании сортов пшеницы, устойчивых к бурой ржавчине: метод. рекомендации / под ред. С.С. Санина. – М.: ВНИИФ, 2012. – 94 с.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1985. – Вып. 2, ч. 2. – 230 с.
12. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. – СПб.: ВИР, 2012. – 63 с.
13. Шуплецова О.Н., Щенникова И.Н. Форвард – сорт ярового ячменя регенерантного происхождения // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 3(58). – С. 4–8.

REFERENCES

1. Sheshegova T.K. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2015, No. 5(48), pp. 10-14, available at: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2015.48.5.10-14>. (In Russ.)
2. Afanasenko O.S., Koziakov A.V., Hedlay P.E., Lashina N.M., Anisimova A.V., Manninen O., Jalli M., Potokina E.K. Mapping of the loci controlling the resistance to *Pyrenophora teres f. teres* and *Cochliobolus sativus* in two double haploid barley populations, *Russian Journal of Genetics: Applied Research*, 2015, Vol. 5, pp. 242–253, available at: <https://doi.org/10.1134/S2079059715030028>.
3. Afanasenko O.S. *Identifitsirovannyy genofond rastenii i selektsiya*, St. Petersburg: VIR, 2005, pp. 592-609. (In Russ.)

4. Mikhailova L. A. *Tipy ustoichivosti rastenii k boleznyam: materialy nauchnogo seminara* (Types of resistance of plants to diseases: materials scientific. Seminar. Vseros. Research Institute of Plant Protection), Proceedings of the Conference, St. Petersburg, 2003, pp. 45-60. (In Russ.)
5. Poyntz B., Hyde P.M. The expression of resistance of wheat to *Puccinia recondita*. *Phytopathology*, 1987, Vol. 12, pp. 136-142.
6. Johnson D. F., Wilcoxson R. D. A table of areas under disease progress curves. *Technical Bulletin, Texas Agriculture Experiment Station*. Texas, 1981, Vol. 137, pp. 2-10.
7. Pivovarov V.F., Pyshnaya O.N., Shmykova N.A., Gurkina L.K. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2012, No. 5, pp. 39-47. (In Russ.)
8. Batalova G. A. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2017, No. 3, pp. 8-11. (In Russ.)
9. Anisimova A.V., Semenova A.G., Yudin I.O., Radyukevich T.N. *Izvestiya SPBGAU*, 2017, No. 2(47), pp. 41-48. (In Russ.)
10. *Metody otsenki i otbora iskhodnogo materiala pri sozdanii sortov pshenitsy, ustoychivyykh k buroy rzhavchine* (Methods for evaluating and selecting the source material for creating wheat varieties resistant to brown rust), Moscow: VNIIF, 2012, 94 p.
11. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* (Methods of state variety testing of agricultural crops), Moscow, 1985, Vol. 2, Part 2, 230 p.
12. *Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i sokhranenyu mirovoy kolleksii yachmenya i ovsa* (Guidelines for the study and preservation of the world collection of barley and oats), St. Petersburg: VIR, 2012, 63 p. (In Russ.)
13. Shupletsova O. N., Shchennikova I. N. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2017, No. 3(58), pp. 4-8. (In Russ.)