

Устойчивость к вредным организмам современных сортов ячменя

DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-108-116



УДК 632.4/938.1+595.773.4:633.16

Поступление/Received: 25.02.2021

Принято/Accepted: 03.06.2021

А. Г. СЕМЕНОВА^{1*}, А. В. АНИСИМОВА², О. Н. КОВАЛЕВА³

¹ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
196601 Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин,
Петербургское шоссе, 2

* ✉ a.g.semenova@rambler.ru

² Общество с ограниченной ответственностью «ПиК»,
197101 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. М. Пушкарская, 22,
литер А, пом. 11-Н

✉ annaanis@mail.ru

³ Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44

✉ o.kovaleva@vir.nw.ru

Resistance of modern spring barley cultivars to harmful organisms

A. G. SEMENOVA^{1*}, A. V. ANISIMOVA², O. N. KOVALEVA³

¹ Saint-Petersburg State Agrarian University,
2 Peterburgskoye Shosse, Pushkin,
St. Petersburg 196601, Russia
* ✉ a.g.semenova@rambler.ru

² PiK Limited Liability Company,
22 (A), Suite 11-N, Malaya Pushkarskaya Street,
St. Petersburg 197101, Russia
✉ annaanis@mail.ru

³ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
42, 44 Bolshaya Morskaya Street,
St. Petersburg, 190000, Russia
✉ o.kovaleva@vir.nw.ru

Актуальность. Болезни и вредители наносят большой вред стеблестоя и урожаю ячменя. Потери урожая от вредных организмов достигают 25–30%.

Материалы и методы. В течение 2017–2020 гг. 46 сортов ярового ячменя из коллекции ВИР, включенных в Госреестр селекционных достижений, изучили по устойчивости к шведской мухе, сетчатой и темно-бурой пятнистостям, карликовой ржавчине и мучнистой росе. Исследования проводили в полевых условиях на провокационном фоне заселения шведской мухой и на естественном инфекционном фоне к листовым патогенам.

Результаты и выводы. В 2017 г. из болезней доминировала сетчатая пятнистость. В 2018 г. в условиях эпифитотии темно-бурой пятнистости были выделены сорта со слабым развитием данной болезни. В 2019 и 2020 г. наблюдали значительное развитие карликовой ржавчины и мучнистой росы, в эти же годы была зафиксирована наибольшая вредоносность шведской мухи. Полевая оценка позволила выявить три сорта с низкой поврежденностью шведской мухой: 'Одон' (к-31118, Бурятия), 'Миар' (к-31203, Оренбургская обл.), 'Омский 99' (к-31230, Омская обл.); сорт 'Posada' (к-31245, Германия) слабо поражен шведской мухой, карликовой ржавчиной и мучнистой росой; сорта слабопоражаемые (до 5%) возбудителями мучнистой росы: 'Чираз' (к-31131, Дания), 'Cheerio' (к-31297, Дания), 'Одиссей' (к-31333, Англия) и карликовой ржавчиной: 'Чираз', 'Eifel' (к-31249, Франция), 'Ursa' (к-31339), 'Sunshine' (к-31129, Германия). Результаты многолетней оценки могут быть использованы в селекционном процессе для создания сортов с групповой и комплексной устойчивостью к вредным организмам.

Ключевые слова: рекомендованные к использованию сорта, шведская муха, мучнистая роса, листовые пятнистости, карликовая ржавчина, устойчивость.

Background. Diseases and pests cause great damage to barley stands and harvests. Harvest losses from harmful organisms reach 25–30%.

Materials and methods. During 2017–2020, 46 spring barley cultivars from the VIR collection, listed in the State Register for Selection Achievements, were studied for their resistance to fritfly, net and spot blotches, brown rust, and powdery mildew. The tests were carried out in the field with provocative colonization by fritfly and under natural infection pressure of leaf pathogens.

Results and conclusions. In 2017, net blotch predominated over other diseases. In 2018, there was an epyphytotic outburst of spot blotch, and cultivars with weak development of this disease were identified. In 2019 and 2020, the incidence of brown rust and powdery mildew was significant, and the virulence of fritfly increased greatly in the same years. Field tests resulted in identification of 3 barley accessions resistant to fritfly: 'Odon' (k-31118, Buryatia), 'Miar' (k-31203, Orenburg Province), and 'Omsky 99' (k-31230, Omsk Province). Cv. 'Posada' (k-31245, Germany) was weakly affected by fritfly, brown rust and powdery mildew. Cultivars were selected for their low susceptibility to powdery mildew (up to 5%): 'Chiraz' (k-31131, Denmark), 'Cheerio' (k-31297, Denmark), and 'Odyssey' (k-31333, England), and brown rust: 'Chiraz' (k-31131, Denmark), 'Eifel' (k-31249, France), 'Ursa' (k-31339), and 'Sunshine' (k-31129, Germany). Such long-term assessment results can be used in breeding programs to develop cultivars with group or complex resistance to harmful organisms.

Key words: commercial barley cultivars, fritfly, powdery mildew, net blotch, spot blotch, brown rust, resistance.

Введение

В народном хозяйстве ячмень находит разнообразное применение. Более 65% его зерна идет на кормовые цели; кроме того, зерно служит незаменимым сырьем в солодовой и пивоваренной промышленности, используется для выработки крупы, в северных и высокогорных районах – частично в хлебопечении. Одним из значимых факторов, определяющих уровень урожайности и качество зерна, является сорт.

Важнейшим условием создания высокопродуктивного агроценоза зерновых культур является формирование оптимальной густоты продуктивного стеблестоя, которое задается нормой высева. Несмотря на большие компенсаторные возможности ячменя по поддержанию стеблестоя благодаря высокому кущению, реализация всходов определяет основу формируемого урожая. Полевая всхожесть семян и сохранение всходов зависят от почвенно-климатических факторов, проявления вредных организмов и их взаимодействия. Большой вред стеблестоя и урожаю наносят болезни и вредители. Потери урожая от вредных организмов достигают 25–30% (Novozhilov, Zakharenko, 2000; Zakharenko, 2008).

В настоящее время ограничение численности и вредоносности вредных организмов осуществляют комплексом агротехнических приемов и использованием химических средств. Наиболее экологически безопасный метод защиты растений – это использование генетически устойчивых сортов. С одной стороны, этот метод является основой интегрированных систем защиты растений, а с другой – использование устойчивых сортов позволяет прогнозировать потери от вредных объектов и определять потребность в проведении защитных мероприятий, снижать кратность химических обработок и норму расхода препаратов, изменять сроки обработки посевов (Illarionov, Samsonov, 2010).

Установлено, что современные сорта ячменя, районированные в Российской Федерации, в большинстве своем сильно повреждаются шведской мухой (*Oscinella frit* L.) (Semenova et al., 2014). Скрытый образ жизни личинок вредителя определяет сложность организации химической борьбы. Возделывание устойчивых к шведской мухе сортов может обеспечить получение высоких урожаев ячменя даже при значительной численности вредителя.

В Северо-Западном регионе ячмень страдает от повреждения насекомыми, болезнями и от неблагоприятных экологических факторов среды. К наиболее вредоносным и экономически значимым болезням ячменя в Ленинградской области относятся: сетчатая (гриб *Pyrenophora teres f. teres* Drechsl.) и темно-бурая (*Cochliobolus sativus* (S. Ito & Kurib.) Drechsl. ex Dastur) пятнистости, карликовая ржавчина (*Puccinia hordei* G.H. Oth) и мучнистая роса (*Blumeria graminis* (DC.) Golovin ex Speer f. sp. *hordei* Em. Marchal). Эти болезни встречаются на ячмене практически ежегодно, нередко достигая эпифитотийного развития.

В последнее время вспышки эпифитотий той или иной болезни возникают с периодичностью 4–5 раз в течение 10 лет. Снижение урожайности при массовом течении болезней может достигать на восприимчивых сортах 20–50% (Illarionov, Samsonov, 2010).

Цель исследования – выявление среди современных рекомендованных к использованию сортов ярового ячменя источников с групповой и комплексной устойчивостью к вредным организмам и хозяйственно ценными признаками в Нечерноземной зоне РФ.

Материалы и методы исследований

Изучение сортов ячменя на устойчивость к вредным организмам проводили в полевых условиях на опытном поле научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) в течение четырех лет (2017–2020 гг.). Было оценено 46 сортов ячменя из коллекции ВИР, как включенных в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации, так и проходящих испытания в Госсорткомиссии, по устойчивости к шведской мухе, сетчатой и темно-бурая пятнистостям, карликовой ржавчине и мучнистой росе.

Сорта ярового ячменя высевали по два ряда в однократной (2017 г.) и в трехкратной повторностях (2018, 2019, 2020 г.). Через каждые 20 испытываемых сортов размещали сорта-стандарты: неустойчивый к шведской мухе сорт 'Криничный' (к-27605) и устойчивый к фитофагу сорт 'Белогорский' (к-22089). В качестве стандартов для оценки на устойчивость к болезням использовали районированные, широко возделываемые в Ленинградской области и поражаемые болезнями сорта 'Суздавец' (к-30314) и 'Ленинградский' (к-30975).

С целью повышения заселенности посевов ячменя шведской мухой использовали провокационный фон, который сориентирован на положительные поведенческие реакции шведской мухи в отношении злаковых культур. В Нечерноземной зоне имаго вредителя вылетает в III декаде мая, дополнительно питается пасокой трав примерно две недели, самки предпочитают откладывать яйца на разреженные участки посевов злаков и хорошо прогреваемые солнцем, излюбленная фаза 2–3-х листьев. Поэтому образцы ячменя высевали на три недели позже общепринятых для данной зоны сроков посева. Посев был разреженный, располагался вблизи дикорастущих злаков и озимых культур, где зимуют личинки вредителя (Chesnokov, 1956).

С целью определения устойчивости сортов к повреждению шведской мухой по признаку «усыхание центрального листа» учеты проводили трижды за сезон: 1) в начале фазы кущения (определяли процент повреждения личинками главных, наиболее продуктивных стеблей); 2) в фазу выхода в трубку (поврежденность всех стеблей); 3) в фазу колошения (продуктивную кустистость). Последний показатель положительно коррелирует с выносливостью растений к повреждению фитофагом (Zagovora et al., 1980). Следует отметить, что наши исследования, проведенные ранее, показали, что выносливость не всегда зависит от степени повреждения сорта шведской мухой. Так, мало повреждаемые сорта могут иметь низкую выносливость, например сорт 'Нутанс 553' (к-30579), и наоборот, сорта, сильно поврежденные вредителем, обладают выносливостью ('Тобол', к-30075) (Semenova, Yudin, 2018). При выделении сортов, устойчивых к шведской мухе, ориентировались на общий инвазионный фон конкретного года и поврежденность устойчивого сорта-стандарта 'Белогорский' и неустойчивого сорта-стандарта 'Криничный'. К устойчивым были отнесены сорта, у которых поврежденность главных стеблей и всех стеблей фитофагом была ниже неустойчивого сорта-стандарта 'Криничный' и с показателями, близкими к устойчивому сорту-стандарту 'Белогорский'.

Оценку ячменя на устойчивость к листовым патогенам проводили в течение четырех лет на естественном

инфекционном фоне в фазу интенсивного развития болезней «цветение – налив зерна». Из фитопатогенов, встречающихся на коллекционных делянках ячменя, доминирующими видами были: в 2017 г. – возбудитель сетчатой пятнистости, в 2018 г. – темно-бурой пятнистости и карликовой ржавчины, в 2019 и 2020 гг. – мучнистой росы и карликовой ржавчины.

Для оценки сортов ячменя на устойчивость к сетчатой, темно-бурой пятнистостям и мучнистой росе использовали шкалу Э.Э.Гешеле (Geshele, 1971, 1978), к карликовой ржавчине – R. F. Peterson (1948). Для этого в каждом рядке испытуемого образца выборочно отбирали растения и определяли степень развития присутствующих болезней на каждом ярусе отдельно.

Шкала для оценки развития (%) сетчатой и темно-бурой пятнистостей ячменя (Geshele, 1971):

0 – *иммунный* (отсутствие симптомов болезней);

5–10% – *высокоустойчивый* (единичные пятна по всему растению);

20–30% – *устойчивый* (нижний и средний ярусы листьев поражены более чем на 25%; на верхнем ярусе – единичные пятна);

40–50% – *среднеустойчивый* (нижний ярус листьев поражен более чем на 50%, листья отмирают, средний ярус – до 30% и выше, верхний – до 20%);

60–75% – *восприимчивый* (нижние листья отмирают, средний ярус поражен более чем на 50%, верхний ярус поражен до 50% и выше);

80–100% – *высоковосприимчивый* (нижний и средний ярусы листьев отмирают, верхний ярус поражен более чем на 80%).

Шкала оценки развития (%) мучнистой росы (Geshele, 1978):

0 – отсутствие болезни, растения здоровые (высокая устойчивость);

1–10% поражения – легкий налет или единичные подушечки гриба на листьях и междоузлиях нижнего яруса (устойчивость);

10–25% – умеренное число подушечек на листьях и междоузлиях нижнего яруса (средняя устойчивость);

25–50% – развитие гриба обильное, главным образом на нижних листьях; на верхних – подушечки локальные, рассеянные (восприимчивость);

свыше 50% – сильно поражены все листья и междоузлия, подушечки хорошо выражены, сливающиеся, с обильными спорами. Поражен может быть и колос (высокая восприимчивость).

Шкала для оценки развития (%) карликовой ржавчины (Peterson et al., 1948; Roelfs et al., 1992):

0 – заболевание отсутствует;

1–10% – в месте пустул образуются четко выраженные хлорозные пятна (устойчивость);

10–30% – пустулы очень мелкие, окружены хлоротичной зоной (средняя устойчивость);

40–50% – пустулы мелкие (восприимчивость);

75–100% – пустулы крупные (высокая восприимчивость).

Развитие болезни (в %) рассчитывали по формуле А. Е. Чумакова и Т. И. Захаровой (Chumakov, Zakharova, 1990):

$$R = \frac{\sum(ab)}{n4} \times 100,$$

где: а – количество больных растений;

б – соответствующий балл поражения;

п – количество растений в пробе;

4 – высший балл шкалы учета.

Погодные условия в течение четырех лет изучения сортов ячменя на устойчивость к вредным организмам существенно отличались.

В 2017 и 2018 г. длительный период высокой относительной влажности воздуха в межфазный период «выход в трубку – молочная спелость зерна» способствовал развитию сетчатой и темно-бурой пятнистостей.

В 2019 г. в мае в фазу «всходы» и в июле в межфазный период «выход в трубку – колошение» растений сложились наиболее благоприятные погодные условия для возбудителя мучнистой росы при среднесуточной температуре воздуха от +13 до +17°C и относительной влажности воздуха 70–90%.

Благоприятные условия для инфицирования растений ячменя карликовой ржавчиной в виде обильных рос и среднесуточной температуры воздуха от +15 до +18°C сложились в 2018 и 2019 г. в течение периода «молочная – начало восковой спелости зерна».

2020 г. характеризовался отсутствием снежного покрова в зимний период, большим количеством осадков в виде дождя по сравнению со средними многолетними показателями, как в первый квартал года, так и во второй половине лета. При относительно близких показателях температуры воздуха в целом к средним многолетним в Ленинградской области обращает на себя внимание более высокая температура воздуха (на 3,4°C) в июне. Такие погодные условия обеспечили высокую вредоносность шведской мухи, особенно на провокационном фоне, где посев ячменя проводили в поздние сроки. Из болезней высокого развития достигла мучнистая роса, которая стала проявляться уже в фазу кущения растений. Также на многих сортах ячменя было зафиксировано значительное развитие карликовой ржавчины.

Результаты

В 2017 г. лёт шведской мухи наблюдался в более поздние сроки, чем обычно, и был слабым. Как следствие, заселенность стеблей зерновых культур личинками была незначительной. Теплая погода зимних месяцев при слабом снежном покрове, вероятно, отрицательно сказалась на зимовке личинок шведской мухи. Неблагоприятные тенденции продолжились весной и в начале лета, когда температура воздуха была примерно на два градуса ниже нормы, а в апреле осадков выпало 277% от средних многолетних значений. Годы 2018 и 2019 оказались более благоприятными для фитофага. Устойчивый снежный покров, который образовался с середины зимы 2018 г., защитил личинок от низких температур, а высокие положительные температуры апреля – мая обеспечили дружный вылет насекомых весеннего поколения после зимовки. В 2018 г. повреждение личинками шведской мухи главных, наиболее продуктивных стеблей ячменя превышало в 2 раза, а все стебли растений были в 1,5 раза больше заселены вредителем по сравнению с 2017 г. Значительное превышение средних многолетних температур в апреле, а затем в июне 2019 г. обеспечило интенсивный лёт имаго шведской мухи и еще более сильное заселение растений ячменя вредителем, особенно в условиях провокационного фона (табл. 1).

Представленные в таблице 1 данные показывают, что личинками шведской мухи были уничтожены более половины главных стеблей у трех сортов-стандартов (исключение: сорт 'Белогорский' – 35,3%), а все стебли –

Таблица 1. Характеристика устойчивости сортов-стандартов ярового ячменя к шведской мухе и поражаемости листовыми патогенами (Пушкин, 2017–2020 гг.)**Table 1.** Resistance of the reference spring barley cultivars to fritfly and leaf pathogens (Pushkin, 2017–2020)

Год изучения	Показатель	Сорта-стандарты			
		Ленинградский (к-30975)	Суздалец (к-30314)	Белогорский (к-22089)	Криничный (к-27605)
2017	Повреждено шведской мухой главных стеблей	20,5 ± 4,3	16,5 ± 2,9	13,8 ± 5,5	17,1 ± 2,3
	Повреждено шведской мухой всех стеблей	10,4 ± 3,4	15,3 ± 2,1	10,4 ± 3,7	16,0 ± 4,6
	Развитие сетчатой пятнистости, %	5	5	0	5
	Развитие темно-бурой пятнистости, %	10	10	20	10
2018	Повреждено шведской мухой главных стеблей	23,5 ± 4,5	29,0 ± 6,5	23,1 ± 5,7	53,4 ± 6,0
	Повреждено шведской мухой всех стеблей	20,6 ± 5,1	19,5 ± 4,3	11,3 ± 2,7	27,9 ± 5,0
	Развитие темно-бурой пятнистости, %	40	30	40	40
	Развитие карликовой ржавчины, %	15	10	80	50
2019	Повреждено шведской мухой главных стеблей	70,7 ± 2,3	64,3 ± 7,1	35,3 ± 6,6	63,2 ± 9,2
	Повреждено шведской мухой всех стеблей	26,1 ± 5,9	17,4 ± 6,5	26,7 ± 3,6	32,7 ± 1,6
	Развитие мучнистой росы, %	70	50	30	15
	Развитие карликовой ржавчины, %	50	40	10	1
2020	Повреждено шведской мухой главных стеблей	36,1 ± 3,5	55,0 ± 4,7	27,5 ± 3,0	55,3 ± 5,3
	Повреждено шведской мухой всех стеблей	26,2 ± 4,2	29,9 ± 3,9	18,1 ± 4,5	31,0 ± 3,7
	Развитие мучнистой росы, %	20	40	20	5
	Развитие карликовой ржавчины, %	15	15	10	5

примерно на одну четверть. Это подтверждает высокую вредоносность насекомого в благоприятных погодных условиях, которые сложились в 2019 г.

В 2017 г. на коллекционных посевах ячменя не зарегистрировано высокого развития листовых патогенов. Среди отмеченных болезней преобладала сетчатая пятнистость. Максимальное развитие болезни (до 30–40%) наблюдали у сортов: 'Странник' (к-31134, Ставропольский край), 'Задел' (к-31176, Алтайский край), 'Казак' (к-31177, Самарская обл.), 'Beatrix' (к-31175, Германия), 'Posada' (к-31245, Германия), 'Serbinetta' (к-31270, Германия), 'Ананкин' (к-31243, Дания), 'Eifel' (к-31249, Франция).

В эпифитотийном 2018 г. были выделены сорта со слабым (до 10%) развитием темно-бурой пятнистости. Это сорта: 'Щедрый' (к-31046, Ростовская обл.), 'Оленёк' (к-31199, Красноярский край), 'Богатырь' (к-31231, Краснодарский край), 'Солист' (к-31332, Франция).

В этом же году на опытном поле ВИР на яровом ячмене была отмечена карликовая ржавчина. Развитие ржав-

чины на сортах-стандартах 'Криничный' и 'Белогорский' достигало 50–80%, 'Ленинградский' и 'Суздалец' – 10–15%. Восприимчивыми (развитие до 50–60%) к ржавчине были сорта: 'Одон' (к-31118, Бурятия), 'Вадим' (к-31121, Краснодарский край), 'Quench' (к-31241, Дания), 'J.V. Flavour' (к-31242, Германия). На фоне восприимчивых сортов выделены сорта с единичными симптомами болезни, такие как 'Щедрый' (Ростовская обл.), 'Богатырь' (Краснодарский край), 'Солист' (Франция).

После двухлетнего изучения из 46 сортов ячменя в 2019 г. было отобрано и посеяно 18 сортов, имевших наилучшие показатели по устойчивости к шведской мухе. Жесткий инвазионный фон, возникший в 2019 и 2020 г., привел к тому, что большинство изучаемых сортов оказались сильно заселенными вредителем.

Для удобства анализа результатов полученные данные были представлены относительно показателей устойчивого сорта 'Белогорский', которые принимали за 1. В представленной диаграмме сорта ранжированы

относительно сорта 'Белогорский' по признаку повреждения главных стеблей, так как именно они являются наиболее продуктивными. Из 18 сортов ячменя, оцененных в 2019 г., только у двух сортов, 'Миар' (к-31203, Оренбургская обл.) и 'Зенит' (к-31099, Тюменская обл.), главные стебли были повреждены менее, чем у сорта 'Белогорский' (различия статистически значимы). Три сорта, 'Одон' (Бурятия), 'Салаир' (к-31232, Алтайский край) и 'Posada' (Германия), имели показатели на уровне стандарта (рисунок).

центом повреждения всех стеблей (от 13,9% до 17,1%): 'Sunshine' (к-31129), 'Ursa' (Германия), 'Одиссей' (Англия). Однако необходимо помнить, что более половины главных стеблей этих образцов (от 49,8% до 65,8%) были уничтожены насекомым и колосья следующих порядков, обеспечивших высокую продуктивную кустистость, были менее полновесны.

Из 18 сортов, высеянных в 2019 г., отобраны сорта, показавшие слабую пораженность (5–15%) мучнистой росой. Это сорта 'Оленёк', 'Абалак' (к-31201, Краснояр-

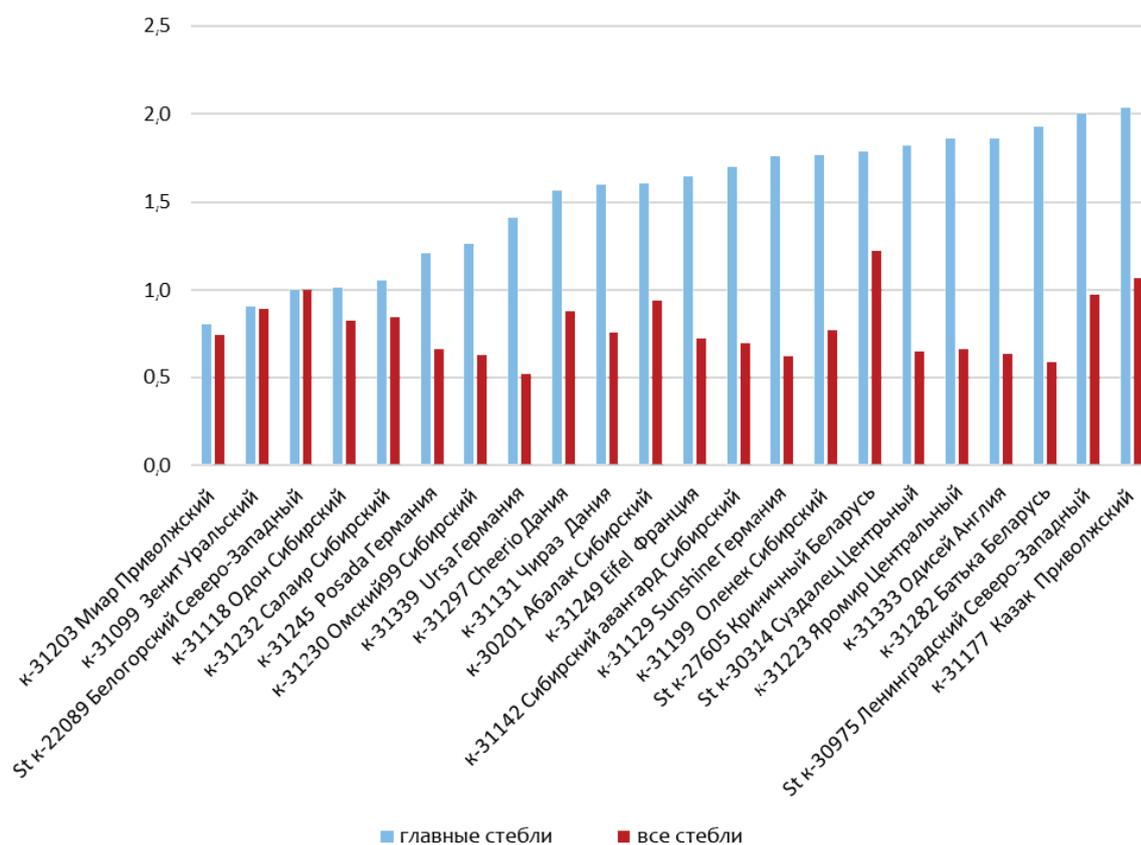


Рисунок. Пораженность сортов ярового ячменя шведской мухой относительно сорта-стандарта 'Белогорский'

Figure. Damage caused by *Oscinella frit* L. on spring barley cultivars, compared with the reference cv. 'Belogorsky'

Установлено, что пораженность вредителем всех стеблей изучаемых сортов в 2019 г. колебалась от 13,9% у сорта 'Ursa' (к-31339, Германия) до 32,7% у сорта 'Криничный' (к-27605, Беларусь). У российских сортов 'Одон' (к-31118), 'Сибирский авангард' (к-31142), 'Яромир' (к-31223), 'Омский 99' (к-31230), а также у сортов 'Батка' (к-31282, Беларусь), 'Одиссей' (к-31333, Англия), 'Posada', 'Ursa' (Германия) и сорта-стандарта 'Суздалец' показатели оказались достоверно ниже, чем у сорта 'Белогорский', а у остальных сортов – на уровне устойчивого стандарта.

При анализе общей пораженности растений шведской мухой необходимо учитывать продуктивную кустистость растений, которая может компенсировать потерю стеблей подгона, уничтоженных личинками вредителя, обеспечивая тем самым приемлемый урожай (табл. 2). Выделены три сорта с высокой продуктивной кустистостью (от 6,3% до 7,8%) и относительно невысоким про-

центом повреждения всех стеблей (от 13,9% до 17,1%): 'Sunshine' (к-31129), 'Ursa' (Германия), 'Одиссей' (Англия).

В 2019 г. на яровом ячмене вновь была отмечена карликовая ржавчина, однако процент ее развития был значительно ниже по сравнению с 2018 г. Развитие болезни на сортах-стандартах 'Суздалец' и 'Ленинградский' составило 40–50%, 'Белогорский' и 'Криничный' – 5–10%. По результатам двухлетних оценок (2018, 2019 г.) на фоне высокопоражаемых ржавчиной сортов выделены сорта со слабым (до 5–10%) проявлением болезни: 'Сибирский авангард' (Омская обл.), 'Миар' (Оренбургская обл.), 'Салаир' (Алтайский край), 'Sunshine', 'Posada', 'Ursa' (Германия), 'Чираз' (к-31131, Дания), 'Eifel' (Франция).

Результаты четырехлетней полевой оценки показали, что все изучаемые сорта ярового ячменя поражаются тем или иным возбудителем болезни (см. табл. 2). Развитие листовых патогенов практически у всех сортов (стадия развития растений 49–60 по Дж. Задоксу) (*Zadoks*

Таблица 2. Характеристика сортов ячменя по устойчивости к шведской мухе и листовым патогенам (Пушкин, 2017–2019 гг.)**Table 2.** Resistance of barley cultivars to fritfly and leaf pathogens (Pushkin, 2017–2019)

№ по каталогу ВИР; название сорта	Происхождение; разновидность <i>Hordeum vulgare</i> L.	Повреждено швед- ской мухой, % (2019 г.)		Развитие болезней, %							Продуктивная кустистость, шт. стеблей/растение
		главных стеблей	всех стеблей	Мучни- стая роса		Карликовая ржавчина			Сетчатая пятнистость, 2017 г.	Темно-бурая пятнистость, 2018 г.	
				2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.			
к-31099 Зенит	Тюменская обл. <i>nutans</i>	32,1 ± 4,7	23,9 ± 5,4	50	-	0	40	-	5	30	3,1
к-31118 Одон	Бурятия <i>nutans</i>	35,7 ± 4,2	22,1 ± 3,5	40	20	60	15	15	5	15	4,6
к-31129 Sunshine	Германия <i>nutans</i>	62,1 ± 5,4	16,7 ± 4,2	15	20	5	1	1	0	60	6,3
к-31131 Чираз	Дания <i>nutans</i>	56,4 ± 7,3	20,3 ± 3,8	0	0	0	1	3	0	80	4,8
к-31142 Сибирский авангард	Омская обл. <i>medicum</i>	60,0 ± 5,2	18,7 ± 4,7	20	-	10	3	-	10	20	6,0
к-31177 Казак	Самарская обл. <i>submedicum</i>	71,8 ± 7,5	28,5 ± 1,5	30	-	5	3	-	30	20	4,3
к-31199 Оленек	Красноярский край <i>nutans</i>	62,3 ± 4,5	20,6 ± 3,3	15	-	40	10	-	10	10	5,4
к-31201 Абалак	Красноярский край <i>nutans</i>	56,7 ± 6,7	25,2 ± 8,8	10	-	40	3	-	0	40	5,9
к-31203 Миар	Оренбургская обл. <i>nutans</i>	28,4 ± 7,3	20,0 ± 3,5	20	15	5	20	20	10	40	7,6
к-31223 Яромир	Московская обл. <i>nutans</i>	65,6 ± 7,9	17,7 ± 4,2	15	-	20	5	-	10	30	5
к-31230 Омский 99	Омская обл. <i>pallidum</i>	44,5 ± 4,8	16,9 ± 5,6	70	30	15	60	40	0	20	1,8
к-31232 Салаир	Алтайский край <i>deficiens</i>	37,3 ± 1,7	22,6 ± 6,4	30	-	5	10	-	5	30	2,9
к-31245 Posada	Германия <i>nutans</i>	42,7 ± 4,5	17,7 ± 3,3	1	10	0	3	5	40	30	4,4
к-31249 Eifel	Франция <i>nutans</i>	58,1 ± 3,1	19,3 ± 7,7	10	3	5	3	1	30	60	6,4
к-31282 Батька	Беларусь <i>deficiens</i>	68,0 ± 6,7	15,8 ± 4,0	20	-	10	15	-	20	20	4,1
к-31297 Cheerio	Дания <i>nutans</i>	55,3 ± 3,9	23,5 ± 7,5	5	1	5	30	5	15	30	6,3
к-31333 Одиссей	Англия <i>nutans</i>	65,8 ± 3,9	17,1 ± 2,6	5	-	40	5	-	15	30	7,8
к-31339 Ursa	Германия <i>nutans</i>	49,8 ± 6,2	13,9 ± 3,1	15	1	5	1	1	0	30	6,5

et al., 1974) превышает порог вредоносности 20% (для сетчатой и темно-бурой пятнистостей) и 5–10% (для карликовой ржавчины и мучнистой росы). Также следует отметить, что большинство сортов, поражаемых болезнями, принадлежат зарубежной селекции. Семена интродуцированных сортов ячменя также являются источником распространения новых рас патогенов.

ятно, связано с конкурентными отношениями фитопатогенов. В таблице 3 названы показатели девяти сортов, отличающиеся по признаку устойчивости. Из них только четыре сорта ('Одон', 'Миар', 'Омский 99' и 'Posada') меньше всего были повреждены шведской мухой, а остальные отличались незначительным поражением тем или иным патогеном.

Таблица 3. Сорта ячменя, выделенные по устойчивости к шведской мухе и болезням в 2020 г. (Пушкин)

Table 3. Barley cultivars identified for their resistance to fritfly and diseases in 2020 (Pushkin)

№ по каталогу ВИР; название сорта	Повреждение шведской мухой, % повреждения		Развитие болезней, %				Продуктивная кустистость, шт./раст.
	главных стеблей	всех стеблей	Мучнистая роса	Темно-бурая пятнистость	Карликовая ржавчина	Сетчатая пятнистость	
31118 Одон	44,4 ± 2,5	26,5 ± 5,2	20	30	15	10	5,6
31129 Sunshine	55,2 ± 4,3	30,7 ± 3,1	20	3	1	10	7,9
31131 Чираз	61,9 ± 3,2	28,3 ± 4,3	0	10	3	5	6,1
31203 Миар	40,4 ± 2,5	19,1 ± 2,8	15	1	20	0	5,9
31230 Омский 99	28,1 ± 3,9	21,6 ± 3,3	30	1	40	3	3,2
31245 Posada	30,4 ± 5,3	25,4 ± 3,9	10	1	5	10	6,1
31249 Eifel	60,6 ± 6,4	27,8 ± 5,8	3	1	1	3	10,9
31297 Cheerio	78,8 ± 4,1	31,9 ± 3,5	1	5	5	10	10,6
31339 Ursa	72,7 ± 2,7	28,7 ± 3,6	1	1	1	5	10,3
22089 (St.) Белогорский	27,5 ± 3,0	18,1 ± 4,5	20	5	10	0	5,2
27605 (St.) Криничный	55,3 ± 5,3	31,0 ± 3,7	5	5	5	5	5,5

В 2020 г. для окончательной проверки устойчивости к вредным организмам нами было оставлено 13 сортов из 46, которые изначально были взяты в изучение.

Вредоносность шведской мухи была высокой, как и в предыдущие два года. Главные стебли растений ячменя разных сортов были повреждены часто на 50% и более, а все стебли – примерно на 30%. Из болезней сильного развития достигла мучнистая роса, которая стала проявляться уже в фазу кущения растений. На многих сортах ячменя было зафиксировано значительное развитие карликовой ржавчины. Листовые пятнистости (сетчатая и темно-бурая) проявили себя слабо, что, веро-

Как было отмечено, 2020 г. характеризовался умеренно теплой и сухой погодой. Это отразилось на продуктивной кустистости сортов ячменя, которая была примерно в 1,5 раза выше, чем в прохладном и дождливом 2019 г. Продуктивная кустистость характеризует выносливость растений к повреждению вредителем, но при этом сорт может значительно повреждаться насекомым, что и показывают данные таблицы 3. Например, сорта 'Eifel', 'Cheerio', 'Ursa' имели продуктивную кустистость в 2020 г. больше 10, при этом поврежденность главных стеблей этих сортов шведской мухой составляла от 60,6 до 78,8%.

Заключение

Многолетняя полевая оценка 46 сортов ярового ячменя по устойчивости к шведской мухе на провокационном фоне и на естественном фоне к листовым патогенам свидетельствует о сложности выявления малоповреждаемых и малопоражаемых образцов комплексом изучаемых вредных организмов. В условиях различных погодных условий изменяется инвазионный и инфекционный фон, сокращается число выделившихся устойчивых форм.

В ходе исследования удалось выявить: только один сорт с комплексной устойчивостью к вредным организмам: 'Posada' (к-31245, Германия) относительно слабо поражен шведской мухой (повреждено главных стеблей 30,4% и всех стеблей – 25,4%), карликовой ржавчиной и мучнистой росой (до 0–5%). Кроме того, выявлено:

- три сорта, устойчивые к шведской мухе: 'Омский 99' (к-31230, Омская обл.) (повреждение главных стеблей 28,1% и всех стеблей 21,6%), 'Миар' (к-31203, Оренбургская обл.) (40,0% и 19,1% соответственно) и сорт 'Одон' (к-31118, Бурятия) (44,4% и 26,5% соответственно);

- три сорта, устойчивые (0–5-процентное развитие) к мучнистой росе: 'Чираз' (к-31131, Дания), 'Cheerio' (к-31297, Дания), 'Одиссей' (к-31333, Англия);

- четыре сорта, слабопоражаемые (до 1–5%) карликовой ржавчиной: 'Чираз' (к-31131, Дания), 'Eifel' (к-31249, Франция), 'Ursa' (к-31339), 'Sunshine' (к-31129, Германия).

Сортов с групповой устойчивостью к болезням не обнаружено.

Результаты многолетней оценки могут быть использованы в селекционном процессе по созданию сортов ячменя с групповой и комплексной устойчивостью к вредным организмам.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0662-2019-0006 «Поиск, поддержание жизнеспособности и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

The research was performed within the framework of the State Task according to the theme plan of VIR, Project No. 0662-2019-0006 "Search for and viability maintenance, and disclosing the potential of hereditary variation in the global collection of cereal and groat crops at VIR for the development of an optimized genebank and its sustainable utilization in plant breeding and crop production".

References / Литература

Chesnokov P.G. Methods of researching into plant resistance to pests (Metody issledovaniy ustoychivosti rasteniy k vreditelyam). Moscow; 1953. [in Russian] (Чесноков П.Г. Методы исследований устойчивости растений к вредителям. Москва; 1953).

Chumakov A.E., Zakharova T.I. Virulence of crop diseases (Vredonosnost bolezney selskokhozyaystvennykh kultur). Moscow: Agropromizdat; 1990. [in Russian] (Чумakov А.Е., Захарова Т.И. Вредоносность болезней

сельскохозяйственных культур. Москва: Агропромиздат; 1990).

Geshele E.E. Fundamentals of phytopathological evaluation in plant breeding (Osnovy fitopatologicheskoy otsenki v seleksii rasteniy). 2nd ed. Moscow; 1978. [in Russian] (Гешеле Э.Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. 2-е изд. Москва; 1978).

Geshele E.E. Methodological guide for phytopathological evaluation of crops (Metodicheskoye rukovodstvo po fitopatologicheskoy otsenke zernovykh kultur). Odessa; 1971. [in Russian] (Гешеле Э.Э. Методическое руководство по фитопатологической оценке зерновых культур. Одесса; 1971).

Illarionov A.I., Samsonov R.A. Corn flies: spreading, harmfulness and their number restriction practice. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2010;1(24):10-26. [in Russian] (Илларионов А.И., Самсонов Р.А. Злаковые мухи: распространение, вредоносность и приемы ограничения их численности. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2010;1(24):10-26).

Novozhilov K.V., Zakharenko V.A. Levels and trends of changes in the species composition and intrapopulation structure, areas of distribution for complexes of harmful and beneficial organisms, and forecast of dangerous phytosanitary situations by zones of the country (Urovni i tendentsii izmeneniya vidovogo sostava i vnutripopulyatsionnoy struktury, arealy kompleksov vrednykh i poleznykh organizmov i prognoz opasnykh fitosanitarnykh situatsiy po zonam strany). St. Petersburg; 2000. [in Russian] (Новожилов К.В., Захаренко В.А. Уровни и тенденции изменения видового состава и внутривидовой структуры, ареалы комплексов вредных и полезных организмов и прогноз опасных фитосанитарных ситуаций по зонам страны. Санкт-Петербург; 2000).

Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Canadian Journal of Research*. 1948;26c(5):496-500. DOI: 10.1139/cjr48c-033

Roelfs A.P., Singh R.P., Saari E.E., Rust diseases of wheat: Concepts and methods of disease management. Mexico: CIMMYT; 1992.

Semenova A.G., Kovaleva O.N., Orlov S.Yu., Yudin I.O. Resistance of barley varieties to *Oscinella frit*. *Zashchita i karantin rasteniy = Plant Protection and Quarantine*. 2014;(7):16-18. [in Russian] (Семенова А.Г., Ковалева О.Н., Орлов С.Ю., Юдин И.О. Устойчивость к шведской мухе сортов ячменя. *Защита и карантин растений*. 2014;(7):16-18).

Semenova A.G., Yudin I.O. A possibility of preserving barley harvests under significant virulence of the fritfly (Vozmozhnost sokhraneniya urozhasya yachmenya pri znachitelnoy vredonosnosti shvedskoy mukhi). In: *Scientific support for the development of the agro-industrial complex in the context of import substitution. Collection of scientific papers. Part 1*. St. Petersburg: St. Petersburg State Agrarian University; 2018. p.75-80. [in Russian] (Семенова А.Г., Юдин И.О. Возможность сохранения урожая ячменя при значительной вредоносности шведской мухи. В кн.: *Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. Сборник научных трудов. Часть 1*. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет; 2018. С.75-80).

Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*. 1974;14(6):415-421. DOI: 10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x

Zagovora A.V., Kgaevskaya O.S., Kravchenko A.B. Fritfly. Entomological evaluation of cereal and legume crop breeding material. Guidelines (Shvedskaya mukha. Entomologicheskaya otsenka selektsionnogo materiala zernovykh i zernobobovykh kultur. Metodicheskiye ukazaniya). Kharkiv; 1980. [in Russian] (Заговора А.В.,

Краевская О.С., Кравченко А.Б. Шведская муха. Энтомологическая оценка селекционного материала зерновых и зернобобовых культур. Методические указания. Харьков; 1980).

Zakharenko V.A. Pesticides in the agrarian sector of Russia in the late 20th – early 21st centuries). *Agrokhiimiya = Agrochemistry*. 2008;(11):86-96. [in Russian] (Захаренко В.А. Пестициды в аграрном секторе России конца XX – начала XXI в. *Агрохимия*. 2008;(11):86-96).

Прозрачность финансовой деятельности / The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

The authors declare the absence of any financial interest in the materials or methods presented.

Для цитирования / How to cite this article

Семенова А.Г., Анисимова А.В., Ковалева О.Н. Устойчивость к вредным организмам современных сортов ячменя. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021;182(4):108-116. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-108-116

Semenova A.G., Anisimova A.V., Kovaleva O.N. Resistance of modern spring barley cultivars to harmful organisms. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2021;182(4):108-116. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-108-116

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы / The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация / Additional information

Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-4-108-116>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Авторы одобрили рукопись / The authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует / No conflict of interest

ORCID

Semenova G.A. <https://orcid.org/0000-0002-2817-8615>

Kovaleva O.N. <https://orcid.org/0000-0002-3990-6526>