

Б.А. Баташева, доктор биологических наук
 Дагестанская ОС филиал ВИР
 РФ, 368612, Республика Дагестан, Дербентский р-н, с. Вавилово
Р.А. Абдуллаев, кандидат биологических наук
О.Н. Ковалева, кандидат биологических наук
И.А. Звейнек, кандидат биологических наук
Е.Е. Радченко, доктор биологических наук
 Федеральный исследовательский центр
 «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И.Вавилова»
 РФ, 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42, 44
 E-mail: kostek-kum@rambler.ru

УДК: 633.16:632.938

DOI: 10.30850/vrsn/2020/4/54-57

ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОСТИ ЯЧМЕНЯ К МУЧНИСТОЙ РОСЕ

Работа выполнена на Дагестанской опытной станции ВИР. Материалом для исследований служили коллекционные образцы ячменя. Изучена устойчивость 1089 образцов ячменя культурного к мучнистой росе. Полевые опыты закладывали в один срок при озимом посеве. Исследования проведены в соответствии с Методическими указаниями ВИР. Рассмотрена возможность связи устойчивости сорта к возбудителю с габитусом растения. Размеры и форма листьев, характер их расположения в пространстве, высота и продуктивная кустистость создают особый микроклимат в посевах, как на маленьких делянках, так и на больших площадях. Показана дифференциация подвидов по изучаемому признаку. Среди шестирядных больше восприимчивых форм. Вероятность обнаружения резистентных сортов выше среди двурядных ячменей. Голозерные формы отличаются высокой чувствительностью к болезни. Не обнаружено ни одного резистентного образца. С увеличением густоты продуктивного стеблестоя частота устойчивых к мучнистой росе сортов возрастает. В поиске возможных защитных механизмов изучена резистентность в связи с типом развития. На юге Дагестана относительно мягкие зимы, что позволяет одновременный осенний посев яровых и озимых зерновых культур. Среди яровых ячменей доля устойчивых к возбудителю больше, чем среди озимых. Из результатов следует: ультраскороспелые и поздние ячмени восприимчивы к болезни, причем первые в большей степени. Скоро-, среднеспелые и среднепоздние сорта дифференцируются по чувствительности к патогену. Скороспелые ячмени более восприимчивы (72,3), чем среднепоздние (12,9 %). Обратная тенденция наблюдается в содержании устойчивых ячменей в этих же вариантах: 0,89 и 10,5 %, соответственно. Среднеспелые формы в обоих случаях занимают промежуточное положение. Показано, что частота восприимчивых форм среди высокопродуктивных образцов минимальная, среди низкопродуктивных – максимальная. В результате многолетних исследований выделены источники устойчивости к мучнистой росе преимущественно селекции европейских стран, рекомендуемые как исходный материал для селекции. ячмень культурный, мучнистая роса, устойчивость, механизмы устойчивости, селекция, сорт, источник.

B.A. Batasheva, Grand PhD in Biological sciences
 Branch of Dagestan Research Institute of Plant Growing, Dagestan Experimental Station
 RF, 368612, Respublika Dagestan, Derbentskij r-n, s. Vavilovo
R.A. Abdullaev, PhD in Biological sciences
O.N. Kovaleva, PhD in Biological sciences
I.A. Zveynek, PhD in Biological sciences
E.E. Radchenko, Grand PhD in Biological sciences
 N.I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Genetic Resources
 RF, 190000, g. Sankt-Peterburg, ul. Bol'shaya Morskaya, 42, 44
 E-mail: kostek-kum@rambler.ru

POSSIBLE MECHANISMS OF A BARLEY RESISTANCE TO THE MILDEW

The work was performed at the Dagestan experimental station VIR. The research material was collected samples of barley. A field study of the resistance of 1089 samples of cultural barley to powdery mildew was carried out. Field experiments were laid in one term during winter sowing. Laboratory and field studies were conducted in accordance with the VIR Guidelines. The possibility of linking the variety's resistance to the pathogen with the plant's habitus is considered. The size and shape of the leaves, the nature of their location in space, height and productive bushiness create a special microclimate in sowing, both on small plots and on large areas. The differentiation of subspecies according to the studied feature is shown. There are more susceptible forms among the six-rowers. The probability of detecting resistant varieties is higher among double-row barley. Nudibranchs are highly sensitive to disease. No resistant samples were found. With increasing density of productive stalks, the frequency of mildew-resistant varieties increases. In the search for possible protective mechanisms, resistance has also been studied in relation to the type of development. Southern Dagestan has relatively mild winters, which allows simultaneous autumn sowing of spring and winter crops. Among spring barley, the share of resistant to the pathogen is higher than among winter barley. The results show that ultra-ripe and late barley are susceptible to the disease, and the former to a greater extent. Short -, medium- and mid-late varieties are differentiated by sensitivity to the pathogen. Precocious barley is more susceptible (72.3) than the average late (12.9 %). The opposite trend is observed in the content of stable barley in the same variants: 0.89 and 10.5 %, respectively. In both cases, the middle-aged forms occupy an intermediate position. It is shown that the frequency of susceptible forms among high – productive samples is minimal, and among low-productive samples-maximum. As a result of many years of research, the sources of resistance to powdery mildew are mainly selected from European countries, recommended as a source material for selection.
Key words: cultural barley, powdery mildew, stability, stability mechanisms, selection, variety, source.

Селекция на иммунитет приобретает всё большее значение как эффективное средство повышения количества, качества урожая и его стабильности. От поражения болезнями и вредителями во всем мире ежегодно теряется около половины потенциальной продукции растениеводства. К числу болезней ячменя, эпифитотии которых на территории России наиболее часты и вредоносны, следует отнести ржавчину, септориоз, головню, мучнистую росу, корневые гнили, пятнистости листьев и другие.

Та или иная реакция сортов, иммунитет или восприимчивость определяются наследственными особенностями сорта, избирательной способностью, специализацией видов паразитов или их отдельных рас условиям среды. [1]

Растение – открытая биологическая система, которая подвержена воздействию постоянно меняющихся факторов внешней среды как абиотических, так и биотических. Его нормальное функционирование возможно лишь при закономерном изменении процессов метаболизма адекватно изменениям окружающей среды.

Исследованиям грибных болезней ячменя посвящены работы многих авторов. [5, 8-10]

У создаваемых сортов, в достаточной степени, должны быть отселектированы признаки, определяющие их приспособленность к конкретным почвенно-климатическим условиям. [6] Адаптация культурных растений обусловлена взаимосвязями генетических систем потенциальной продуктивности и экологической устойчивости, где резистентность сорта к болезням служит одним из определяющих факторов. [4]

Проблему иммунитета ученые изучают по широкому спектру аспектов, в том числе: внутривидовой дифференциации, эколого-географической приуроченности, методам исследования. В условиях южно-плоскостного Дагестана широко распространена мучнистая роса ячменя. Уровень естественного инфекционного фона позволяет достоверно оценить устойчивость коллекционных образцов к патогену.

Цель работы – изучить внутривидовое разнообразие, возможные механизмы устойчивости, выделить ценный исходный материал для использования в селекционном процессе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на Дагестанской опытной станции. Материалом для исследований служили образцы ячменя из коллекции ВИР. Полевые опыты закладывали в один срок при озимом посеве. Площадь питания одного растения – 5x20 см². Закладка полевых опытов и лабораторно-полевые исследования проведены в соответствии с Методическими указаниями ВИР. [4] Статистическая обработка результатов исследований осуществлена по Б.А. Доспехову.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведено полевое изучение 1089 образцов ячменя культурного в разных аспектах. Рассмотрена возможность связи устойчивости сорта к болезнетворным микроорганизмам с габитусом растения.

Размеры и форма листьев, характер их расположения в пространстве, высота и продуктивная кустистость растения создают особый микроклимат в посевах, как на маленьких делянках, так и на больших площадях.

Из сравнительной оценки двух естественных систематических групп ячменя культурного: subsp. *Hordeum vulgare* L. (подвид ячмень 6-рядный) и subsp. *H. distichon* L. (подвид ячмень 2-рядный) следует значительное внутривидовое варьирование признака.

Подвиды дифференцируются по чувствительности к возбудителю болезни. Среди 6-рядных больше форм, восприимчивых к мучнистой росе. Вероятность обнаружения резистентных сортов выше среди subsp. *Hordeum distichon* L. (табл. 1).

Особую естественную морфологически и генетически обособленную группу представляют голозерные ячмени. Они, как правило, низкорослые с широкими листьями и колосковыми чешуйками, цветковые чешуйки не срастаются с зерновкой, зерна голые. Голозерные ячмени типичны для второго очага формообразования культуры по Н.И. Вавилову – Юго-Восточная Азия, Китай, Япония. Эта систематическая группа отличается высокой чувствительностью к патогену. Из 40 изученных образцов не обнаружено ни одного резистентного к болезни.

Микроклимат в посевах зависит от густоты стеблестоя, который определяет равномерность освещения, проветриваемость, температуру, влажность и другие параметры.

По данному критерию сорта были разделены на три класса: низкая густота продуктивного стеблестоя – менее 400, средняя – 400...800 и высокая – более 800 шт/м². Характер распределения образцов в выделенных вариантах различен.

С увеличением густоты продуктивного стеблестоя частота устойчивых к мучнистой росе образцов возрастает (табл. 2).

Многолетнее исследование данного признака в разных аспектах свидетельствует, что чувствительность образцов к болезни определяет сопряженность динамики развития возбудителя и растения-хозяина.

В поиске возможных защитных механизмов изучена устойчивость к мучнистой росе в связи с типом развития. На юге Дагестана относительно мягкие зимы, что позволяет проводить одновременный осенний посев яровых и озимых зерновых культур. При этом «искусственно» удлиняется вегетационный период яровых сортов, создаются условия для их роста и развития, оптимального использования благоприятных почвенно-климатических факторов.

Из анализа результатов установлено, что в обеих группах встречаются восприимчивые и устойчивые к болезни формы. Отмечена дифференциация по характеру распределения. Среди яровых ячменей доля устойчивых к возбудителю больше, чем среди озимых (табл. 3).

В период вегетационного развития растений – «открытых биологических систем», факторы окружающей среды находятся в состоянии постоянной динамики. От сопряженности с одной стороны скорости развития растений, смены фенологических фаз, с другой – качественного и количественного изменения факторов среды зависит их общий метаболизм, с которым связан такой важный интегральный признак, как продуктивность. В жизнен-

Таблица 1.

Распределение 2- и 6-рядных ячменей по устойчивости к мучнистой росе

Подвид	Изучено образцов, шт.	Устойчивость, балл				
		1	3	5	7	9
		шт/%				
<i>Hordeum vulgare</i> L.	688	302/43,9	195/28,3	119/17,3	60/8,72	12/1,74
<i>Hordeum distichon</i> L.	401	123/30,7	109/27,2	92/22,9	47/11,7	30/7,48

Таблица 2.

Устойчивость ячменя к мучнистой росе в связи с густотой продуктивного стеблестоя

Продуктивный стеблестой	Изучено образцов, шт.	Устойчивость, балл				
		1	3	5	7	9
		шт/%				
Низкий (< 400 шт/м ²)	57	20/35,1	11/19,3	17/29,8	5/8,77	4/7,02
Средний (400...800 шт/м ²)	149	14/9,40	47/31,5	45/30,2	31/20,8	12/8,05
Высокий (> 800 шт/м ²)	29	1/3,45	9/31,0	5/17,2	5/17,2	9/31,0

ном цикле растений различают «критические фазы» развития, когда они наиболее чувствительны к действию неблагоприятных факторов. От сопряженности названных фаз с максимальной выраженностью неблагоприятного фактора и зависит реакция растений. При отсутствии в генотипе сорта соответствующих генов устойчивости растения повреждаются в той или иной степени. Проявление устойчивости на инфекционном фоне свидетельствует о наличии генетических систем, детерминирующих резистентность сорта.

Изучена устойчивость ячменя культурного к патогенным микроорганизмам в связи со скороспелостью. Ультраскороспелые и поздние ячмени восприимчивы к мучнистой росе, причем первые в большей степени. Среди поздних не обнаружено ни одного устойчивого образца. Скоро-, среднеспелые и среднепоздние сорта дифференцируются по чувствительности к патогену, встречаются восприимчивые и резистентные с разной частотой. Скоро-спелые ячмени более восприимчивы (72,3 %), чем среднепоздние (12,9 %). Обратная тенденция наблюдается в содержании устойчивых ячменей в этих же вариантах: 0,89 и 10,5 % соответственно. Средне-спелые формы в обоих случаях занимают промежуточное положение. По результатам сравнительного анализа: скороспелые сорта восприимчивы, средне-поздние устойчивы, среднеспелые занимают промежуточное положение (табл. 4).

Таким образом, по устойчивости к болезни сорта располагаются в порядке снижения резистентности: среднепоздние – среднеспелые – скороспелые. Среди ультраскороспелых и поздних устойчивых форм не обнаружено.

Исследования по множеству селекционно ценных признаков в конечном итоге нацелены на повышение продуктивности. Для определения влияния изучаемого биотического фактора на урожайность ячменя в данной зоне проведен сравнительный анализ низко-, средне- и высокопродуктивных сортов: менее 300, 300...500, более 500 г/м² соответственно. Из результатов следует: частота восприимчивых форм среди высокопродуктивных образцов минимальная, низкопродуктивных – максимальная.

Таблица 3.

Устойчивость ячменя к мучнистой росе в связи с типом развития

Тип развития	Изучено образцов, шт.	Устойчивость, балл				
		1	3	5	7	9
		шт/%				
Яровые	495	235/47,5	142/28,7	70/14,1	23/4,65	25/5,05
Озимые	633	215/34,0	170/26,9	147/23,2	84/13,3	17/2,69

Таблица 4.

Устойчивость скороспелых сортов ячменя к мучнистой росе

Тип спелости	Изучено образцов, шт.	Устойчивость, балл				
		1	3	5	7	9
		шт/%				
Ультраскороспелые	14	14/100				
Скороспелые	112	81/72,3	17/15,2	10/8,93	3/2,68	1/0,89
Среднеспелые	871	339/38,9	249/28,6	172/19,7	83/9,53	28/3,21
Среднепоздние	124	16/12,9	44/35,5	30/24,2	21/16,9	13/10,5
Поздние	7	1/14,3	2/28,6	4/57,1		

Среднепродуктивные ячмени по объему как чувствительных, так и резистентных форм занимают промежуточное положение (табл. 5).

Исследования взаимоотношений в системе растение-хозяин-патоген позволяют выявить дифференциацию сортов по устойчивости, установить внутривидовую изменчивость признака, создавать формы, резистентные как к отдельным патогенам, так и их комплексу. В результате наших многолетних исследований выделены ячмени, устойчивые в полевых условиях к широко распространенному в данной зоне патогену – возбудителю мучнистой росы ячменя (табл. 6).

Устойчивость к патогену проявили преимущественно селекционные сорта ярового и озимого

Таблица 5.

Устойчивость ячменя различной продуктивности к мучнистой росе

Продуктивность	Изучено образцов, шт.	Устойчивость, балл				
		1	3	5	7	9
		шт/%				
Низкопродуктивные	261	57/21,8	68/26,1	79/30,3	48/18,4	9/3,45
Среднепродуктивные	198	23/11,6	45/22,7	71/35,9	43/21,7	16/8,08
Высокопродуктивные	90	4/4,44	28/31,1	25/27,8	16/17,8	17/18,9

Таблица 6.

Ячмени, устойчивые к мучнистой росе на естественном инфекционном фоне

№ п/п	№ по каталогу ВНИИР	Происхождение	Название
Яровые			
1	30462	Германия	Alondra
2	30465	То же	Halla
3	30470	–/–	Tuturingia
4	30565	Франция	Tabara
5	30379	Эстония	Mie
Озимые			
6	30760	Германия	Anthere
7	30766	То же	Tokyo
8	594973	–/–	Carola
9	30788	–/–	Cornelia
10	30762	–/–	Duet
11	30494	Франция	Aimable

ячменя из европейских стран, которые могут быть использованы как исходный материал в селекции.

Выводы. Многолетнее изучение устойчивости ячменя культурного к мучнистой росе в условиях южно-плоскостного Дагестана, не случайно выбранного Н.И. Вавиловым самой южной точкой для изучения проблемы иммунитета зерновых культур к болезням и вредителям, позволяет нам сделать следующее заключение. Ячменю культурному характерен широкий внутривидовой полиморфизм по устойчивости к мучнистой росе. Признак изучен в разных аспектах: эколого-географическое происхождение, систематическая принадлежность, тип развития, скороспелость, густота продуктивного стеблестоя и продуктивность. Показана дифференциация подвидов ячменя по реакции к патогену. Голозерные ячмени восприимчивы к мучнистой росе. Яровые сорта при осеннем сроке сева устойчивее к возбудителю, чем озимые. Скороспелые формы чувствительны к патогену больше, чем среднеспелые и среднепоздние. Содержание устойчивых форм среди высокопродуктивных — максимальное, низкопродуктивных — минимальное, среднепродуктивных занимают промежуточное положение. Выделенные источники устойчивости к патогену — ценный исходный материал для селекции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Жученко, А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы) /А.А. Жученко. — М.: РУДН. — 2001. — Т. 1. — 780 с.
2. Кривченко, В.И. Расоспецифическая устойчивость ячменя к мучнистой росе / В.И. Кривченко, М.А. Черобедова // Бюл. ВНИИ растениеводства. — Л. — 1975. — Вып. 50. — С. 29–31.
3. Кузнецова, Т.Е. Селекция ячменя на устойчивость к болезням/ Т.Е. Кузнецова, Н.В. Серкин. — Краснодар: «Просвещение — Юг». — 2006. — 287 с.
4. Лоскутов, И.Г. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса / И.Г. Лоскутов, О.Н. Ковалева, Е.В. Блинова. — С-Пб. — 2012. — 63 с.
5. Терентьева, И.А. Изучение мирового генофонда ячменя на устойчивость к мучнистой росе /И.А. Терентьева// Тез. докл. Межд. науч.-практ. конф.: «Генетические ресурсы культурных растений. Проблемы мобилизации, инвентаризации, сохранения и изучения генофонда важнейших сельскохозяйственных культур для решения приоритетных задач селекции». (СПб, 13-16 ноября, 2001). — СПб. 2001. — С. 439–441.
6. Трофимовская, А.Я. Мировые ресурсы ячменя на службе селекции /А.Я. Трофимовская, М.В. Лукьянова// Тр. по прикл. бот., ген. и сел. — Л. — 1977. — Т. 60. — Вып. 1. — С. 51–57.
7. Хохлова, А.П. Генетический анализ устойчивости эфиопских ячменей к пыльной головне /А.П. Хохлова// Тр. по прикл. бот., ген. и сел. — Л. — 1987. — Т. 110. — С. 45–49.

LIST OF SOURCES

1. Zhuchenko, A.A. Adaptivnaya sistema selekcii rastenij (ekologo-geneticheskie osnovy) /A.A. Zhuchenko. — M.: RUDN. — 2001. — T. 1. — 780 s.
2. Krivchenko, V.I. Rasospecificheskaya ustojchivost' yachmenya k muchnistoj rose /V.I. Krivchenko, M.A. Cherebedova // Byul. VNIИ rastenievodstva. — L. — 1975. — Vyp. 50. — S. 29–31.
3. Kuznecova, T.E. Selekcija yachmenya na ustojchivost' k boleznjam/ T.E. Kuznecova, N.V. Serkin. — Krasnodar: «Prosveshchenie — YUg». — 2006. — 287 s.
4. Loskutov, I.G. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i sohraneniyu mirovoj kollekcii yachmenya i ovsa /I.G. Loskutov, O.N. Kovaleva, E.V. Blinova. — S-Pb. — 2012. — 63 s.
5. Terent'eva, I.A. Izuchenie mirovogo genofonda yachmenya na ustojchivost' k muchnistoj rose /I.A. Terent'eva// Tez. dokl. Mezhd. nauch.-prakt. konf.: «Geneticheskie resursy kul'turnyh rastenij. Problemy mobilizacii, inventarizacii, sohraneniya i izucheniya genofonda vazhnejshih sel'skohozyajstvennyh kul'tur dlya resheniya prioritetnyh zadach selekcii». (SPb, 13-16 noyabrya, 2001). — SPb. 2001. — S. 439–441.
6. Trofimovskaya, A.YA. Mirovye resursy yachmenya na sluzhbe selekcii /A.YA. Trofimovskaya, M.V. Luk'yanova// Tr. po prikl. bot., gen. i sel. — L. — 1977. — T. 60. — Vyp. 1. — S. 51–57.
7. Hohlova, A.P. Geneticheskij analiz ustojchivosti efiopskih yachmeney k pyl'noj golovne /A.P. Hohlova// Tr. po prikl. bot., gen. i sel. — L. — 1987. — T. 110. — S. 45–49.