

## ВВЕДЕНИЕ

Ячмень возделывается в Дагестане издревле. Биологические особенности культуры позволяют получать урожай зерна в условиях богарного земледелия и короткого вегетационного периода. К сожалению, возделываемые в республике сорта склонны к полеганию, поражаются фитопатогенными грибами и повреждаются насекомыми. Селекция на иммунитет является одним из наиболее эффективных средств повышения урожая и его стабильности. Высокая концентрация солей в корнеобитаемом слое почв Южного Дагестана определяет необходимость поиска форм ячменя, способных давать удовлетворительный урожай в условиях солевого стресса. С другой стороны, в горных районах республики распространены кислые почвы, что неблагоприятно сказывается на продуктивности ячменя.

Литература, рассматривающая иммунологическую ценность дагестанских ячменей, достаточно фрагментарна. Нам известны сведения об устойчивости местного ячменя из Дагестана к головневым болезням (Лукьянова и др., 1990) и шведской мухе (Баташева, Альдеров, 2004). В то же время группа исследователей, проанализировав обширную коллекцию образцов ячменя США (USDA National Small Grains Collection) по устойчивости к нескольким видам возбудителей болезней и насекомым, установила, что Кавказ – это «центр концентрации» форм ячменя, устойчивых к желтой ржавчине (возбудитель – *Russinia striiformis* Westend. f. sp. *hordei*). В этих исследованиях три образца из Дагестана характеризовались высокой устойчивостью к желтой ржавчине и сетчатой пятнистости, а также умеренной устойчивостью – к темно-буруй пятнистости и вирусным болезням (Bonman et al., 2005). Очевидно, дагестанские ячмени заслуживают более пристального изучения по адаптивно важным признакам и в России.

В настоящем выпуске представлены результаты многолетнего изучения 283 образцов ячменя культурного из Дагестана по устойчивости к:

- облигатным паразитам – возбудителям карликовой ржавчины, мучнистой росы, пыльной и каменной головни;
- гемибиотрофным грибам – возбудителям ринхоспориоза, сетчатой и темно-буровой пятнистостей;
- насекомым-вредителям (шведская муха, обыкновенная злаковая тля);
- хлоридному засолению и токсичным ионам алюминия.

Полевые эксперименты выполнены в филиале Дагестанская опытная станция ВИР (ДОС ВИР, Дербентский район) и на научно-производственной базе «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ПЛ ВИР, Санкт-Петербург). На полях ДОС ВИР стандартами служили районированные в Дагестане сорта ярового (Темп) и озимого (Дагестанский 239, Циклон, Завет 3, Виктория) ячменя. В ПЛ ВИР высевали стандартный сорт Белогорский. При изучении устойчивости дагестанских ячменей к различным популяциям вредных организмов и выделенным из них изолятам в лаборатории использовали контрольные (устойчивые и восприимчивые) сорта.

## **Оценка устойчивости ячменя к облигатным паразитам**

Устойчивость ячменя к возбудителю **карликовой ржавчины** – *Russinia hordei* G.H. Otth. – оценивали в коллекционных питомниках ДОС ВИР. Кроме того, большую часть коллекции высевали на полях ПЛ ВИР в поздние сроки (вторая половина мая), что способствовало сильному распространению ржавчины и других инфекций. Первую оценку устойчивости проводили в период колошения, второй учет – в фазу молочной спелости зерна. Устойчивость оценивали с помощью следующей шкалы (Лоскутов и др., 2012):

1 – устойчивость очень низкая – сплошное развитие слившихся пустул на средних листьях, верхние листья сплошь покрыты крупным скоплением спор;

3 – низкая – многочисленные, порой сливающиеся пустулы, особенно на средних листьях, верхние листья частично свободны от ржавчины;

5 – средняя – отдельные пустулы, рассеянные на листьях и стеблях;

7 – высокая – немногочисленные, редкие пустулы;

9 – очень высокая – отсутствие пустул или единичные.

Устойчивость к возбудителю **мучнистой росы** – *Blumeria graminis* (DC.) Golovin ex Speer f. sp. *hordei* Marchal – оценивали на ДОС ВИР в период колошения и в фазу молочной спелости зерна с помощью шкалы (Лоскутов и др., 2012):

1 – устойчивость очень низкая – подушечки в изобилии покрывают все листья и междуузлия, в том числе верхние; поражение может захватить и колос;

3 – низкая – подушечки в массе развиваются главным образом на нижних листьях и междуузлиях, верхний ярус листьев – отдельные рассеянные пятна;

5 – средняя – умеренное количество подушечек на листьях и междуузлиях нижнего яруса;

7 – высокая – единичные мелкие подушечки на листьях и междуузлиях нижнего яруса, подушечки могут быть и более многочисленные, но мелкие, в виде слабого налета;

9 – очень высокая – поражение отсутствует.

Выделенные в Дагестане формы оценивали на опытном поле ПЛ ВИР и в теплице. Пораженные возбудителем болезни растения в сентябре пересаживали в теплицу, где заражали патогеном проростки восприимчивого сорта. В осенне-зимний период поддерживали популяцию *B. graminis*, а в течение весны оценивали тип реакции на заражение экспериментального материала с помощью модифицированной шкалы Майнса и Дитца (Кривченко и др., 2008):

0 – иммунный или высокоустойчивый, нет видимого мицелия;

1 – высокоустойчивый, слабое развитие мицелия;

2 – умеренно устойчивый, умеренное развитие мицелия, слабая споруляция;

3 – умеренно восприимчивый, умеренное развитие мицелия и умеренная споруляция;

4 – высоко восприимчивый, обильное развитие мицелия и обильная споруляция.

Для заражения экспериментального материала спорами возбудителя **каменной головни** – *Ustilago hordei* (Pers.) Kell. et Swing. – использовали метод ВИР, основанный на травмировании семян в воде (Кривченко, Хохлова, 2008). Устойчивость яровых образцов оценивали в ПЛ ВИР, озимых – на ДОС ВИР. Семена инокулировали суспензией хламидоспор *U. hordei* из дагестанской популяции (2 г спор на 1 л) с использованием размельчителя тканей РТ–1 за две недели до посева. Устойчивость оценивали в период выколаивания по шкале:

- 0 – высокая устойчивость, поражение отсутствует;
- 1 – практическая устойчивость, поражение не превышает 5%;
- 2 – слабая восприимчивость, поражение не превышает 20%;
- 3 – средняя восприимчивость, поражение не превышает 40%;
- 4 – сильная восприимчивость, поражение более 40%.

Заражение растений ячменя возбудителем **пыльной головни** – *Ustilago nuda* (Jens.) Kell. et Swing. – проводили в фазу начала цветения. При этом подрезали колосковые и цветочные чешуи 10 колосьев каждого образца, открывая тем самым свободный доступ хламидоспорам к завязи. Подготовленные таким образом колосья натирали пораженным *U. nuda* колосом. Устойчивость оценивали по шкале (Кривченко, Хохлова, 2008):

- 0 – высокая устойчивость, поражение отсутствует;
- 1 – практическая устойчивость, поражение не превышает 5%;
- 2 – слабая восприимчивость, поражение не превышает 25%;
- 3 – средняя восприимчивость, поражение не превышает 50%;
- 4 – сильная восприимчивость, поражение более 50%.

### **Оценка устойчивости ячменя к гемибиотрофным грибам**

Для инокуляции растений возбудителем **ринхоспориоза** – *Rhynchosporium secalis* (Oud.) J.J. Davis – использовали споровую суспензию, представляющую собой смесь 58 изолятов и моноспоровых культур, выделенных из 3-х популяций *R. secalis*. При оценке ювенильной устойчивости использовали лабораторный метод инокуляции отрезков листьев ячменя (Коновалова, 2008), помещенных на поверхность агара (1%), содержащего бензимидазол (50 мг/л). На поверхность листьев наносили капли (объем 20 мкл) споровой суспензии гриба с концентрацией 500–700 тысяч конидий в 1 мл. Типы реакции растений учитывали через 21 день после инокуляции по шкале:

- 0 – отсутствие симптомов болезни;
- 1 – точечный некроз в месте нанесения капли;
- 2 – некроз с хлорозом или без него, ограниченный диаметром инфекционной капли;
- 3 – некроз с хлорозом, распространяющийся по отрезку листа;
- 4 – окаймленный некроз, занимающий всю поверхность листа.

Баллы 0–2 соответствуют реакции устойчивости, 3 и 4 – восприимчивости. Инокуляцию проводили в два этапа. На первом этапе использовали смесь 23-х изолятов гриба. На втором этапе выделенные образцы инокулировали смесью изолятов гриба, в которую добавляли высокоагрессивные штаммы из Канады, а также изоляты, реизолированные из среднеустойчивых образцов ячменя, использованных нами ранее (всего 24 изолята патогена). После второго этапа работы устойчивые и гетерогенные по этому признаку образцы оценили на инфекционном фоне в поле. Растения в фазы кущения либо выхода в трубку опрыскивали споровой суспензией гриба и накрывали полиэтиленовой пленкой на 12 ч для создания влажной камеры. Использовали смешанную споровую суспензию (500 тыс./мл) из 58 изолятов, выделенных из 3-х популяций *R. secalis*. Развитие болезни оценивали по шкале:

0 – иммунный (отсутствие симптомов заболевания);

1 – высокоустойчивый (точечный некроз, поражено не более 3–5% поверхности листьев нижнего яруса);

2 – умеренно устойчивый (некротические пятна вдоль кромки листа, окруженные хлорозом; поражено не более 30% поверхности листьев нижнего яруса и единичные пятна на листьях 2-го яруса);

3 – восприимчивый (сливающиеся некрозы с хлорозом по всей поверхности листа; поражено не более 50% поверхности листьев нижнего яруса и 10% – листьев 2-го яруса);

4 – высоко восприимчивый (сливающиеся некрозы с хлорозом по всей поверхности листа, нижние листья засыхают; поражено до 80% поверхности листьев нижнего яруса, 30% – 2-го яруса, единичные пятна на верхних листьях);

5 – высоко восприимчивый (сливающиеся некрозы с хлорозом по всей поверхности листа, листья нижнего и 2-го ярусов засыхают; поражено 90–100% поверхности листьев нижнего и 2-го ярусов, 20% – верхних листьев).

Оценку устойчивости к возбудителю **сетчатой пятнистости** – *Pyrenophora teres* (Died.) Drechsl. – проводили в двукратной повторности, используя метод инокуляции отсеченных листьев проростков с применением бензимидазольной техники (Афанасенко, 1977). Отрезки проростков ячменя длиной 3–3,5 см в возрасте 8–9 дней раскладывали в кюветы на стекло, обернутое фильтровальной бумагой, предварительно смоченной 0,004%-ным раствором бензимидазола. Концы листьев закрепляли увлажненными в растворе ватными валиками. В нашем распоряжении были две популяции *P. teres* f. *teres*: северо-западная и дагестанская (г. Дербент); для заражения отрезков использовали суспензию концентрацией 10 000 конидий/мл. В качестве контрольных образцов были выбраны восприимчивый сорт Харрингтон и устойчивый образец СИ 4207. Кюветы с инокулированными отрезками листьев накрывали стеклом и помещали на светоустановку. Устойчивость к грибу оценивали по шкале А. Текауз (1985):

- 1 – точечные некрозы, без хлороза (высокая устойчивость);  
2–4 – некротические коричневые пятна без хлороза или с небольшим хлорозом, не распространяющиеся по отрезку листа и ограниченные диаметром инфекционной капли (устойчивость);  
5–6 – некротические коричневые пятна, распространяющиеся по отрезку листа, но медленнее, чем при оценке по баллу «7», с хлорозом (относительная устойчивость);  
7 – некротические пятна, распространяющиеся по отрезку листа, окруженные хлорозом (относительная устойчивость);  
8 – сливающиеся некротические пятна, окруженные сильным хлорозом (восприимчивость);  
9 – сильный некроз, распространяющийся по поверхности листа, окруженный хлорозом (восприимчивость);  
10 – некроз занимает весь отрезок листа, отмирание листа (высокая восприимчивость).

Устойчивость к возбудителю **темно-буровой пятнистости** – *Cochliobolus sativus* (Ito et Kurib.) Drechsler ex Dastur. – оценивали на стадии проростков 8–9-дневного возраста методом отсеченных листьев, помещенных в водный раствор бензимидазола (Тырышкин, Михайлова, 1993) и на смоченную водой вату. Для инокуляции использовали смесь изолятов *C. sativus* из Ленинградской области в концентрации 20 000 конидий/мл. В качестве контрольных образцов использовали восприимчивый к темно-буровой пятнистости сорт Пиркка и устойчивую линию NDB 112. Повторность опытов двукратная. Устойчивость оценивали по шкале Т. Fetch, B. Steffenson (1999):

- 1–3 балла – небольшие некротические пятна без хлороза или окруженные слабым хлорозом (устойчивость);  
4–5 баллов – некротические пятна, окруженные хлорозом (относительная устойчивость);  
6–7 баллов – сливающиеся некротические пятна, окруженные хлорозом (восприимчивость);  
8–9 баллов – сильный некроз, распространяющийся по всему листу (сильная восприимчивость).

В 2014 г. на позднем (конец мая) посеве коллекции дагестанских ячменей в ПЛ ВИР наблюдали эпифитотийное развитие болезни, что позволило оценить устойчивость к патогену с помощью упомянутой выше шкалы.

### **Оценка устойчивости ячменя к насекомым**

**Шведская муха** – *Oscinella frit* L. – повреждает стебли и колосья, причем в Дагестане преобладает второй тип повреждения. На ДОС ВИР при озимом посеве на естественном фоне заселения растений насекомым анализировали по 10 случайно отобранных колосьев каждого образца. В качестве критерия

устойчивости использовали величину череззерницы, которую определяли как отношение числа поврежденных колосков к общему числу колосков в колосе, выраженное в процентах (Баташева и др., 2013). При яровом посеве в 2013–2014 гг. оценили устойчивость образцов в межфазный период кущение–начало выхода в трубку по шкале (Семенова, 2008):

- 1 – повреждено менее 5% стеблей;
- 2 – повреждено от 6 до 15% стеблей;
- 3 – повреждено от 16 до 25% стеблей;
- 4 – повреждено от 26 до 40% стеблей;
- 5 – повреждено более 40% стеблей.

Для оценки устойчивости ячменя к **обыкновенной злаковой тле** – *Schizaphis graminum* Rond. – пророщенные семена опытных образцов и неустойчивого контроля (сорт Белогорский) высевали рядами в кюветы с почвой. В фазу второго листа проростки заселяли краснодарской (филиал Кубанская опытная станция ВИР, Гулькевичский район) популяцией тли (смесь свыше двухсот клонов) путем стряхивания насекомых, из расчета 4 особи на растение. Устойчивость оценивали при гибели контроля (обычно на 10–14 день после заселения) по шкале:

- 0 – нет повреждений;
- 1 – повреждено 1–10% листовой поверхности;
- 2 – повреждено 11–20% листовой поверхности;
- ...
- 10 – повреждено 91–100% листовой поверхности (Радченко, 2008).

### **Оценка устойчивости ячменя к засолению почвы и токсичным ионам алюминия**

Диагностику **алиомочувствительности** культурного ячменя проводили на ранних этапах развития растений с использованием корневого теста (Яковлева и др., 2009). Длину зародышевых корней семидневных проростков, выращенных в растворе с содержанием 185 мкМ ионов алюминия ( $\text{pH} = 4,0$ ), соотносили с длиной зародышевых корней растений, выращенных в растворе без добавления солей алюминия ( $\text{pH} = 6,5$ ). В каждую растильню дополнительно закладывали сорта-тестеры с известным уровнем устойчивости: Полярный 14 (к-15619, ИДК – 0,71) и Московский 121 (к-19417, ИДК – 0,63) (Груздева и др., 1999).

При изучении **солеустойчивости** использовали рулонный метод (Давыдова и др., 1991; Удовенко, Волкова, 1993), основанный на учете торможения роста корней в условиях солевого ( $\text{NaCl}$ ) стресса в сравнении с контрольными условиями, без засоления. Семена изучаемых образцов замачивали водой и на трети сутки одинаково развитые проростки

раскладывали на листы фильтровальной бумаги, смоченной дистиллированной водой или раствором NaCl. Бумагу с проростками сворачивали в рулоны и помещали в сосуды с водой или раствором соли. Использовали растворы соли с осмотическим давлением 0,7 и 0,9 мПа (соответственно 0,98% и 1,26% NaCl). На каждый образец заготавливали по шесть рулонов: два рулона помещали в дистиллированную воду (контроль) и по два – в растворы соли. Сосуды с рулонами помещали в термостат при температуре 22°C. На 5 сутки рулоны разворачивали и измеряли длину самого длинного корешка у каждого растения. Рассчитывали степень снижения среднего значения длины корешков в растворе соли по отношению к контролю. Образцы разделяли на 3 группы: устойчивые (длина корешка > 60% по отношению к контролю), среднеустойчивые (40–60%), чувствительные (< 40%). В качестве стандартов использовали солеустойчивые по литературным данным сорта Краснодарский 35 (к-19928) и Одесский 70 (к-22024).

### **Сокращения, условные обозначения в таблицах 1 и 2**

*B.g.* – *Blumeria graminis* (DC.) Golovin ex Speer f. sp. *hordei* Marchal

*P.h.* – *Puccinia hordei* G.H. Otth.

*U.h.* – *Ustilago hordei* (Pers.) Kell. et Swing.

*U. n.* – *Ustilago nuda* (Jens) Kell. et Swing

*R. s.* – *Rhynchosporium secalis* (Oudem.) J.J. Davis

*C. sativus* – *Cochliobolus sativus* (Ito et Kurib.) Drechsler ex Dastur.

*P. teres* – *Pyrenophora teres* f. *teres* Drechsl.

*S. g.* – *Schizaphis graminum* Rond.

*O. frit* – *Oscinella frit* L.

Бенз. – бензимидазол

Даг. – дагестанская популяция

Лен. – ленинградская популяция

ЧЗ – череззерница

Всх. – всходы

NaCl, 0,7 мПа – снижение длины корешков в растворе соли (0,98%) по отношению к контролю (H<sub>2</sub>O), %

NaCl, 0,9 мПа – снижение длины корешков в растворе соли (1,26%) по отношению к контролю (H<sub>2</sub>O), %

Al (ИДК) – алюминий (индекс длины корешка)

\* – гетерогенный образец

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Введение .....	3
Устойчивость образцов ячменя из Дагестана к биотическим и абиотическим стрессорам .....	10
Образцы ячменя, выделившиеся по устойчивости к мучнистой росе .....	34
Образцы ячменя, выделившиеся по устойчивости к карликовой ржавчине .....	34
Образцы ярового ячменя, выделившиеся по устойчивости к каменной головне .....	34
Образцы ярового ячменя, выделившиеся по устойчивости к пыльной головне .....	34
Гетерогенные по устойчивости к ринхоспориозу образцы ячменя .....	34
Устойчивые к северо-западной популяции <i>Cochliobolus sativus</i> образцы ячменя .....	35
Устойчивые к дагестанской популяции <i>Pyrenophora teres</i> образцы ячменя .....	35
Устойчивые к северо-западной популяции <i>Pyrenophora teres</i> образцы ячменя .....	35
Устойчивые к дагестанской и северо-западной популяциям <i>Pyrenophora teres</i> образцы ячменя .....	35
Образцы ячменя, устойчивые к шведской мухе в фазе кущения .....	36
Образцы ячменя, устойчивые к шведской мухе в фазе колошения .....	36
Образцы ячменя, устойчивые к действию токсичных ионов алюминия .....	36
Образцы ячменя, устойчивые к солевому стрессу .....	36
Литература .....	37