

Роль иммунологической оценки при селекции новых урожайных и высокоустойчивых сортов озимой пшеницы

Ю. А. Суцевич, кандидат с.-х. наук, М. В. Подорский, научный сотрудник,

И. В. Сацюк, кандидат с.-х. наук

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

Ю. К. Шашко, доктор с.-х. наук

Институт почвоведения и агрохимии

(Дата поступления статьи в редакцию 08.12.2022)

В статье приведены результаты трехлетней оценки коллекции озимой пшеницы на устойчивость к комплексу фитопатогенов в условиях инфекционно-провокационного фона. Показаны результаты сбора инфекционного материала и составления коллекции чистых культур. На примере возбудителя желтой пятнистости показано определение расового состава с помощью сортов-дифференциаторов. Выявлены сортообразцы озимой пшеницы, обладающие признаками устойчивости к отдельным и комплексу вредоносных факторов, которые могут быть использованы в качестве источников повышенной устойчивости. Лучший по результатам трехлетней оценки образец в 2022 г. был районирован как сорт Асима.

The article presents the results of a three-year assessment of the winter wheat collection for resistance to the phytopathogen complex in an infectious and provocative background. The results of collecting infectious material and compiling a collection of clean crops are shown. The example of the yellow spot pathogen shows the determination of racial composition using differentiator varieties. Variety samples of winter wheat with signs of resistance to individual and complex harmful factors, which can be used as sources of increased resistance, have been identified. The best sample according to the results of a three-year assessment in 2022 was zoned as an Asima variety.

Введение

Огромный ущерб сельскому хозяйству наносят болезни, вызываемые фитопатогенными грибами, потери урожая от которых на пшенице могут достигать 60 % [1]. Наиболее перспективным и экономически выгодным является селекционный метод борьбы с болезнями. На всех этапах селекционного процесса на повышенную болезнестойчивость необходимо создавать инфекционный или провокационный фон, которые позволяют определить степень поражения коллекционного и селекционного материала, на ранних этапах селекции выбраковывать восприимчивые образцы, целенаправленно вести отбор [2]. В случае с патогенами, к которым есть вертикальная устойчивость, при создании инфекционных фонов необходимо использовать наиболее распространенный расовый состав. Для контроля доминирующего комплекса заболеваний, а также определения расовой принадлежности (если она имеется) их возбудителей, создания и поддержания коллекции чистых культур фитопатогенов необходимо ежегодно проводить маршрутные обследования посевов в республике. Таким образом, зная видовой и расовый состав наиболее распространенных и вредоносных возбудителей болезней, можно адаптировать и направлять селекционный процесс озимой пшеницы.

Цель данной работы – показать эффективность иммунологической оценки исходного и селекционного материала озимой пшеницы при создании новых сортов, сочетающих высокую устойчивость к болезням с высокой урожайностью и качеством продукции.

Методика и условия проведения исследований

Учет и анализ распространенности болезней осуществляли в фазах кушения (ДК 21–29), флагового

листа (ДК 37–39), цветения (ДК 61–69) и молочной спелости (ДК 71–79) во время маршрутных обследований посевов озимой пшеницы, проводимых ежегодно во всех 6 областях Республики Беларусь. В процессе разбора снопового материала отбирали листья с явными признаками поражения и помещали в бумажные пакеты с последующей маркировкой места отбора проб. Для идентификации расового состава использовали набор сортов-дифференциаторов, различающих изоляты патогена по вирулентности, который был создан Михайловой Л. А. с сотрудниками в 2002 г. В него вошли сорта из Франции, Японии, США, Италии, Египта и Канады. К яровым формам относятся такие сорта, как Katepwa, M3, 6B662, Glenlea; к озимым – Asiago, Dartanian, Salamouni, Clark, Allies, Komadi, Satsukei, 6B365 [3]. Данные сорта заражали выделенными изолятами и по типу поражения делали вывод о присутствии той или иной расы [4].

Исследования по изучению коллекции озимой пшеницы на устойчивость к комплексу болезней проводили в центральной зоне Республики Беларусь на инфекционном фоне лаборатории иммунитета РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию» в 2015–2018 гг. Почва опытного участка – дерново-подзолистая на легких суглинках, подстилаемая с глубины ближе одного метра моренным суглинком или песком. Сроки сева, внесение минеральных удобрений и пестицидов соответствовали технологическому регламенту по возделыванию озимой пшеницы. Сев осуществляли селекционной сеялкой John Deere, площадь делянки – 2 м². Уборку проводили селекционным комбайном HEGE125.

Исследуемые образцы озимой пшеницы представлены двумя коллекциями: первая (283 шт.) – мировая коллекция, состоящая из двух блоков – IWWIP 2015–16 Soil Borne Pathogens Resistant Nursery и IWWIP 2015-16

23rd Fawwon-IRR, получена из подразделения CYMMYT (Анкара, Турция); вторая (47 шт.) – образцы предварительного и конкурсного сортоиспытания лаборатории озимой пшеницы Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию (Жодино, Беларусь).

Искусственное заражение споровой суспензией проводили ручным опрыскивателем. При оценке коллекций на искусственном инфекционном фоне использовали стандартные шкалы, по которым учитывают размеры и тип поражения [5, 6]. Учеты проводили в фазах кущения, выхода в трубку, колошения, цветения и начала молочной спелости.

Статистический анализ данных проводили с помощью программы IBM SPSS Statistics 22.

Результаты исследований и их обсуждение

Маршрутные обследования посевов озимой пшеницы показали, что наиболее распространенными болезнями являются септориоз листьев, желтая пятнистость, фузариоз и септориоз колоса [7].

Всего было собрано более 400 пораженных болезнями растительных образцов, из которых было выделено в чистую культуру 326 штаммов.

Необходимо также отметить, что желтая пятнистость пшеницы является в настоящий момент новой прогрессирующей болезнью. В ходе маршрутных обследований в 2018 г. она была обнаружена практически на всей территории Республики Беларусь, что говорит о её потенциально высокой опасности и необходимости проведения работы по углубленному изучению возбудителя данной болезни (рисунок 1). За период 2016–2019 гг. было выделено 63 изолята *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler.

Создание болезнестойчивых сортов тесно связано с особенно-

стями рас возбудителя болезни. В связи с этим неотъемлемой частью работы в селекции на иммунитет является изучение расового состава популяции возбудителя, контроль за его изменением, накоплением информации о распространении рас в конкретном регионе либо же перспективной зоне будущего выращивания нового сорта. Несвоевременное выявление рас может привести к потере устойчивости сортов. Идентификация расового состава по полученным штаммам показала, что белорусская популяция возбудителя желтой пятнистости представлена четырьмя расами – 1, 3, 6 и 8, при этом наиболее распространенными были 6 и 8.

При отборе любой озимой культуры на устойчивость к болезням на качество и достоверность оценки влияет показатель перезимовки растений. В качестве источников повышенной зимостойкости отбирали образцы, у которых в течение трех лет перезимовало более 80 % растений. Среди образцов мировой коллекции отобрано 34 образца (12,0 %), среди белорусской – 37 (78,7 %) (рисунок 2).



Рисунок 1 – Признаки поражения желтой пятнистостью (инфекционный фон)



Рисунок 2 – Коллекция озимой пшеницы после перезимовки (А – общий вид; Б – образцы, погибшие более чем на 90 %)

По результатам трехлетней оценки образцов коллекции озимой пшеницы на устойчивость к основным болезням установлено, что белорусские образцы менее восприимчивы, чем зарубежные, следовательно, они более адаптированы под существующий видовой и расовой состав фитопатогенов и почвенно-климатические условия (таблица 1).

Оценку на устойчивость к септориозу листьев, колоса и фузариозу колоса проводили на отдельных фонах с искусственным заражением.

По результатам трехлетней оценки коллекции озимой пшеницы на инфекционно-привакационных фонах в Национальный банк семян генетических ресурсов хозяйственно полезных растений были переданы образцы:

- источники устойчивости к желтой пятнистости *Pyrenophora tritici-repentis* – 39 шт.;
- источники устойчивости к мучнистой росе *Blumeria graminis* – 12 шт.;
- источники комплексной устойчивости: высокая зимостойкость, устойчивость к снежной плесени *Microdochium nivale*, мучнистой росе *Blumeria graminis*, желтой пятнистости *Pyrenophora tritici-repentis* – 6 шт.

По данным проведенного корреляционного анализа общего массива сортообразцов озимой пшеницы было выявлено, что перезимовка сильно влияет на развитие болезней листьев (таблица 2). Вероятно, это связано с тем, что поврежденные морозом и сопутствующими факторами растения более восприимчивы к патогенам. Отмечена наибольшая статистически достоверная связь перезимовки с развитием мучнистой росы ($r = -0,537$) и наименьшая – с желтой пятнистостью ($r = -0,247$). В итоге существует достоверная положительная корреляция между перезимовкой и урожайностью испытанных образцов ($r = 0,345$).

Развитие всех болезней негативно влияло на урожайность. Сильнее всего снижала урожайность снежная плесень ($r = -0,375$), мучнистая роса ($r = -0,235$), в меньшей степени – желтая пятнистость ($r = -0,130$).

Для группировки большого количества коллекционного материала по группам с определенной совокупностью признаков разработан специальный математический аппарат – кластерный анализ по Варду. Данный метод позволяет проследить взаимосвязь различных признаков между собой, а также упорядочить объекты в сравнительно однородные группы по совокупности признаков, разделяя какой-либо массив данных на определенное

Таблица 1 – Результаты комплексной оценки коллекций озимой пшеницы на инфекционном фоне

Параметр	2016 г.		2017 г.		2018 г.		Выделившиеся источники, шт.	
	МК**	БК	МК	БК	МК	БК	МК	БК
							МК	БК
Перезимовка								
Средний балл* перезимовки	6,2	6,9	6,5	8,5	6,1	7,2	34	37
Снежная плесень								
Средний балл* поражения	2,6	2,3	2,3	1,9	3,4	3,5	13	3
Мучнистая роса								
Средний балл* поражения	6,9	2,1	7,3	3,5	6,1	3,2	10	23
Желтая пятнистость								
Средний балл* поражения	1,3	0,7	2,0	1,4	2,2	1,7	27	19
Урожайность								
Средняя урожайность, ц/га	26,6	31,4	40,8	47,8	29,6	29,9	20	8

Примечание – *Оценка по 9-балльной шкале, где 1 – полная гибель, 9 – отсутствие признаков поражения; **МК – мировая коллекция, БК – белорусская коллекция.

Таблица 2 – Корреляционный анализ общего массива сортообразцов озимой пшеницы по Пирсону

Показатель	Перезимовка	Снежная плесень	Мучнистая роса	Желтая пятнистость	Урожайность	Белок	Клейковина
Перезимовка	1	-0,513**	-0,537**	-0,247**	0,345**	0,053	-0,060
Снежная плесень	-0,513**	1	0,036	0,056	-0,375**	0,160*	0,163*
Мучнистая роса	-0,537**	0,036	1	0,473**	-0,235**	-0,237**	-0,083
Желтая пятнистость	-0,247**	0,056	0,473**	1	-0,130*	-0,102	0,001
Урожайность	0,345**	-0,375**	-0,235**	-0,130	1	-0,290**	-0,332**
Белок	0,053	0,160*	-0,237**	-0,102	-0,290**	1	0,906**
Клейковина	-0,060	0,163*	-0,083	0,001	-0,332**	0,906**	1

Примечание – **Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя); *корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

Таблица 3 – Разделение общего массива сортообразцов по кластерам со сходными признаками

Показатель	Кластеры					
	1	2	3	4	5	6
Перезимовка	7,1	6,8	7,0	6,4	6,8	6,2
Снежная плесень	2,4	2,5	2,4	2,7	2,5	2,9
Мучнистая роса	3,5	5,8	5,1	6,0	5,6	6,2
Септориоз	3,2	3,8	3,9	3,9	3,8	4,0
Желтая пятнистость	1,1	1,5	1,7	1,6	1,5	1,7
Урожайность, г/м ²	508,3	337,7	436,2	292,1	377,2	241,1
Белок	12,4	14,3	13,2	14,3	13,9	14,3
Клейковина	23,9	28,4	25,5	28,2	27,2	28,9

количество кластеров, которые отличаются друг от друга теми или иными параметрами. Тем самым есть возможность выбрать лучшие или худшие образцы. В данном случае при проведении кластерного анализа массив был разделен на 6 кластеров (таблица 3).

По совокупности признаков наибольший интерес для селекционеров представляет первый кластер, поскольку в него вошли сортообразцы, имеющие самую высокую перезимовку, высокую устойчивость к снежной плесени, мучнистой росе, септориозу и желтой пятнистости. Средняя урожайность также была самой высокой и составила 508,3 г/м².

Таким образом, максимальной селекционной ценностью обладают сортообразцы, вошедшие в первый кластер под следующими номерами: из коллекции Soil Bone – 93, 94, 116; из коллекции сортообразцов озимой пшеницы отечественной селекции – КСИ (15) № 1, КСИ (15) № 10 и КСИ (15) № 15.

Сортообразец КСИ (15) № 1 в 2019 г. был передан в систему сортоиспытания Республики Беларусь, зарегистрирован в 2022 г. как сорт Асима и имеет следующие хозяйственно-биологические характеристики: средняя урожайность за 2019–2021 г. испытания составила 69,4 ц/га; максимальная – 122 ц/га получена в 2019 г. на ГСХУ «Мозырская СС»; масса 1000 зерен – 34,9 г, натура зерна – 718 г/л. Зимостойкость и устойчивость сорта к полеганию оцениваются в 4,7 балла (по 5-балльной шкале). Сорт высокоустойчив к мучнистой росе, слабовосприимчив к фузариозу, средневосприимчив к корневым гнилям. Содержание белка в зерне – 14,82 %, клейковины – 28,8 %, стекловидность – 81 %, ИДК – 91 усл. ед. (II группа качества) [8].

Сортообразец КСИ (15) № 10 передан в ГСИ РБ для испытания с 2023 по 2025 г. под названием Айлин. Сортообразец КСИ (15) № 15 находится на этапе размножения и планируется его передача в ГСИ в 2024 г.

Выводы

1. Иммунологическая оценка на искусственных инфекционных фонах является неотъемлемым этапом селекции новых сортов озимой пшеницы.

2. Для создания инфекционных фонов и направления селекционного процесса на устойчивость к наиболее вредоносным болезням необходим сбор инфекционного материала на территории всей Республики Беларусь, а также создание и постоянное поддержание коллекции чистых культур фитопатогенов.

3. Для возбудителей болезней, к которым существует вертикальная (расоспецифическая) устойчивость, крайне необходимо выявление расового состава, наиболее распространенного в нашем регионе. Белорусская популяция патогена *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler. представлена четырьмя расами – 1, 3, 6 и 8, причем наиболее распространенные 6 и 8.

4. Выявлен и передан в Национальный банк семян генетических ресурсов хозяйственно полезных растений ряд сортообразцов, сочетающих устойчивость к комплексу болезней, в количестве 57 штук, которые могут быть использованы в качестве источников повышенной устойчивости.

5. В результате комплексных исследований на 2022 г. в Государственный реестр включен сорт озимой пшеницы Асима.

Литература

1. Никитина, Е. В. Диагностика грибных пятнистостей зерновых культур в интенсивном земледелии: метод. указания / Всесоюз. акад. с.-х. наук, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т защиты растений; подгот. Е. В. Никитиной, Н. Л. Полозовой. – Л., 1990. – 69 с.
2. Гешеле, Э. Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений / Э. Э. Гешеле. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М., «Колос», 1978. – 208 с.
3. Михайлова, Л. А. Лабораторные методы культивирования возбудителя желтой пятнистости пшеницы *Pyrenophora tritici-repentis* / Л. А. Михайлова, Е. И. Гулятьева, Н. М. Кокорина // Микология и фитопатология. – 2002. – Т. 36, № 1. – С. 63–67.
4. Михайлова, Л. А. Желтая пятнистость пшеницы: метод. указания / Л. А. Михайлова, Н. В. Мироненко, Н. М. Коваленко. – СПб.: Всерос. науч.-исслед. ин-т защиты растений, 2012. – 56 с.
5. Rees, R. G. Susceptibility of Australian wheats to *Pyrenophora tritici-repentis* / R. G. Rees, G. J. Platz, R. J. Mayer // Australian Journal of Agricultural Research. – 1988. – Vol. 39, № 2. – P. 141–151.
6. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах – членах СЭВ / Л. Т. Бабянец [и др.]. – Прага, 1988. – 321 с.
7. Результаты изучения видового и расового состава доминирующего комплекса фитопатогенов в Республике Беларусь / М. В. Подорский [и др.]. // Молодежь в науке – 2019: XVI Международный конф. молодых ученых, Минск, 14–17 окт. 2019 г. / НАН Беларуси, Совет молодых ученых; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2019. – С. 74–75.
8. Характеристика сортов, включенных в Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений с 2022 года [Электронный ресурс] / ГУ «Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений». – Режим доступа: http://sorttest.by/img/gosudarstvennyu_reyestr_2022.pdf. – Дата доступа: 02.12.2022.