

УДК: 632.4:633.11
**ИЗУЧЕНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ
ПШЕНИЦЫ СЕПТОРИОЗОМ И БУРОЙ РЖАВЧИНОЙ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ
ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Зеленева Ю.В., Судникова В.П.

Среднерусский филиал ФГБНУ "ФНЦ им. И.В. Мичурина"

E-mail: tmbasnifs@mail.ru

С 2008 по 2015 гг. проводились испытания среди промышленных и районированных сортов озимой (53 сорта) и яровой (48 сортов) пшеницы. Установлено, что среди изученных образцов отсутствовали сорта, обладающие высокой устойчивостью к септориозу и бурой ржавчине. Отмечено, что сорта яровой твёрдой пшеницы слабее поражались данными фитопатогенами по сравнению с сортами мягкой яровой и озимой пшеницы. Предложено прогнозирование интенсивности поражения пшеницы септориозом и бурой ржавчиной в полевых условиях на основании применения мультипараметрического анализа физиологических систем.

Ключевые слова: селекция, пшеница, септориоз, бурая ржавчина, прогнозирование, устойчивость, восприимчивость.

На территории ЦЧР районирован и предложен к районированию большой ассортимент сортов пшеницы, которые в различной степени поражаются бурой ржавчиной, септориозом и другими болезнями.

С 2008 по 2015 гг. проводились испытания среди промышленных и районированных сортов озимой (53 сорта) и яровой (48 сортов) пшеницы в инфекционном питомнике бурой ржавчины и септориоза.

В фазу выхода в трубку основной массы растений их инокулировали популяцией бурой ржавчины из расчёта 10 мг жизнеспособных спор на 1 кв. метр посева. Оценка устойчивости образцов проводилась визуально в фазу молочной спелости. Учитывали показатель интенсивности поражения сортов в процентах (количественная оценка). Интенсивность поражения определяли по шкале Петерсона и др. [1], которая предусматривает учёт уровня поражения в зависимости от площади листа, занимаемой патогеном.

Оценку устойчивости сортообразцов пшеницы к возбудителю септориоза проводили в инфекционном питомнике при заражении возбудителем *S. tritici*. Растения пшеницы заражали в фазу колошения – начала цветения. В качестве инфекционного материала использовали смесь изолятов *S. tritici*. Суспензию готовили в концентрации 10 спор/мл, которая наносилась на растения пшеницы ручным опрыскивателем из расчёта 100 мл/м. Оценку степени поражения растений проводили визуально по Международной шкале, которая предусматривает учёт процента поражения площади листовой поверхности [2].

Изучение типа эпидемической устойчивости сортов к септориозу и бурой ржавчине проводили по специализированной методике Санина, Стрижекозина, Чуприны [3]. По данной методике все сорта, находящиеся в испытании, были разделены на 3 класса:

ER I – высоко устойчивые (поражаемость < 15%), интенсивность защиты низкая;

ER II – умеренно устойчивые (поражаемость 15–40%), интенсивность защиты средняя;

ER III – слабо устойчивые (поражаемость > 40%), интенсивность защиты высокая.

Данная классификация позволяет оценивать необходимость проведения защитных мероприятий от заболевания. При градации на сортах (ER I) проводить химическую защиту от заболевания нецелесообразно. При умеренно устойчивом типе эпидемиологической устойчивости (ER II) защита зерновых проводится при благоприятных условиях для развития патогенна и прогнозируемой урожайности > 20 ц/га. При слабоустойчивом типе (ER III) защитные мероприятия необходимы и экономически оправданы.

Полученные результаты показали, что из 53 сортов озимой мягкой пшеницы 10 являлись умеренно устойчивыми к бурой ржавчине и имели класс эпидемической устойчивости ER II (19% от изученных). Это означает, что на протяжении всех лет проведённых испытаний данные сорта поражались бурой ржавчиной в пределах 15-40%. Это такие сорта, как Альмира, Дон 93, Донская Безостая, Донской Сюрприз, Донэко, Звонница, Латыневка, Московская 56, Рубин, Тарасовская 97. Остальные 43 сорта озимой мягкой пшеницы (81% от изученных) проявили себя как слабо устойчивые, их поражаемость превысила 40%. Они отнесены к ER III классу эпидемиологической устойчивости и требуют высокой интенсивности защиты.

По интенсивности поражения септориозом сорт Альмира был отнесен к умеренно устойчивому классу (ER II). Данный сорт был включен в испытания в 2015 г., и на инфекционном фоне имел степень поражения 40%. Остальные 52 сорта озимой мягкой пшеницы были отнесены к ER III классу эпидемиологической устойчивости (слабо устойчивые) (98% от изученных).

В испытании находились 33 сорта яровой мягкой пшеницы. Из них 4 сорта – Светлана, Тулайковская 10, Удача, Фаворит были отнесены к ER II классу эпидемической устойчивости сортов по поражаемости бурой ржавчиной (12%). Остальные 29 сортов отнесены к ER III классу эпидемической устойчивости (88%). Степень поражения их бурой ржавчиной составляла более 40%.

По отношению к показателю интенсивности поражения септориозом 6 сортов яровой мягкой пшеницы, а именно Анюта, Биора, Л – 400, Тулайковская 5, Удача и Фаворит отнесены в ER II класс эпидемической устойчивости (18%). На протяжении всех лет проведённых исследований интенсивность поражения септориозом данных сортов не превышала 40%. Остальные 27 сортов яровой мягкой пшеницы (82% от изученных) являлись слабо устойчивыми и требовали проведения высокой интенсивности защиты.

Сорта Удача и Фаворит имели класс эпидемиологической устойчивости ER II по отношению к интенсивности поражения септориозом и бурой ржавчиной.

В испытании на изучение эпидемиологической оценки устойчивости находились 15 сортов яровой твёрдой пшеницы. По отношению к показателю интенсивности поражения бурой ржавчиной было отобрано 8 сортов (53% от изученных), таких как Валентина, Воронежская 7, Донская Элегия, Ник, Оренбургская 10, Памяти Чеховича, Степь 3, Харьковская 46, имевшие ER II класс эпидемической устойчивости (умеренно устойчивые). Остальные 7 сортов (43%) отнесены к ER III классу эпидемической устойчивости (слабо устойчивые).

По отношению к показателю поражённости септориозом 5 сортов из 15 отнесены к ER II классу эпидемической устойчивости (умеренно устойчивые) (33%). Это такие сорта, как Безенчукская 139, Безенчукская 200, Оренбургская 10, Памяти Чеховича, Степь 3. Остальные 10 сортов (67%) отнесены к ER III типу эпидемической устойчивости (слабо устойчивые).

Сорта яровой твёрдой пшеницы Оренбургская 10, Памяти Чеховича и Степь 3 имеют класс эпидемиологической устойчивости ER II по отношению к интенсивности поражения септориозом и бурой ржавчиной.

Данные, представленные на рисунках 1, 2, наглядно показывают, что среди сортов озимой и яровой пшеницы, находящихся в испытании на протяжении 2008–2015 лет изучения, отсутствовали сорта, имеющие ER I класс эпидемической устойчивости к септориозу и бурой ржавчине.

Среди сортов озимой мягкой пшеницы только 2%, а именно один сорт из всех изученных, имел ER II класс эпидемической устойчивости к септориозу, 19% к бурой ржавчине.

Среди выборки сортов яровой мягкой пшеницы, 18% имели ER II класс эпидемической устойчивости к септориозу и 12% к бурой ржавчине.

Яровая твёрдая пшеница слабее поражалась септориозом и бурой ржавчиной. Это наглядно демонстрируется тем, что среди сортов, находящихся в испытании, 33% имели ER II класс эпидемической устойчивости к септориозу и 53% от изученных сортов – к бурой ржавчине.

В таблице 1 приведены показатели корреляции между интенсивностью поражения сортов пшеницы септориозом и бурой ржавчиной, а также многолетними погодными характеристиками.

Отмечается слабая прямая связь между показателями интенсивности поражения сортов пшеницы септориозом и бурой ржавчиной (0,20). Как показывают многолетние наблюдения, развитие септориоза на пшенице имеет слабую обратную связь со средней температурой в апреле и в июле (по -0,11 соответственно).

Развитие бурой ржавчины в Центральном Черноземье сильнее подвержено влиянию погодных условий, складывающихся в течение вегетации растений, так как, по-видимому, бурая ржавчина является заносной инфекцией, а септориоз – эндемичное заболевание пшеницы. Имеет место наличие слабой положительной корреляции между интенсивностью развития на пшенице бурой ржавчины и температурным режимом с мая по июль, средней температурой за 4 месяца, а также средним показателем влажности за 4 месяца. Отмечается наличие средней прямой корреляции с показателем суммарных осадков, выпадающих в апреле.

Таблица 1. Показатели коэффициентов корреляции между показателями интенсивности поражения сортов пшеницы септориозом, бурой ржавчиной и многолетними погодными характеристиками

(Отмеченные корреляции значимы на уровне $p \leq 0,05$)

	Бурая ржавчина	Септориоз
Септориоз	0,20	-
Сред. температура в апреле	0,19	-0,11
Сред. температура в мае	0,17	-0,06
Сред. температура в июне	0,14	-0,07
Сред. температура в июле	0,13	-0,11
Сред. температура за 4 месяца	0,18	-0,09
Влажность в апреле	0,38	-0,10
Средний показатель влажности за 4 месяца	0,27	0,05

На рисунке 1 представлены результаты средней интенсивности поражения пшеницы в инфекционных питомниках в период с 2008 по 2015 г. – бурой ржавчины и в период с 2009 по 2015 г. – септориоза. Следует обратить внимание, что интенсивность поражения септориозом сортов пшеницы в разные годы проведения исследований варьирует в пределах 44–49%. Исключением стал лишь 2010 г., когда складывались экстремальные погодные условия как для развития и роста растения-хозяина, так и для микозной инфекции. Такие показатели могут свидетельствовать о создании хороших инфекционных фонов на протяжении всех лет проводимых испытаний. Интенсивность поражения растений в инфекционном питомнике бурой ржавчины не отличается подобной выравненностью. Интенсивность поражения в среднем изменялась от 28% в 2009 г. до 59% в 2015 г., если не брать во внимание показатели 2010 г., когда наблюдалась глубокая депрессия в развитии гриба *Puccinia triticina* на сортах пшеницы. По-видимому, в данном случае значительную роль играют погодные условия года. Так, как было показано выше, интенсивность развития бурой ржавчины сильнее подвержена влиянию погодных условий, чем септориоза.

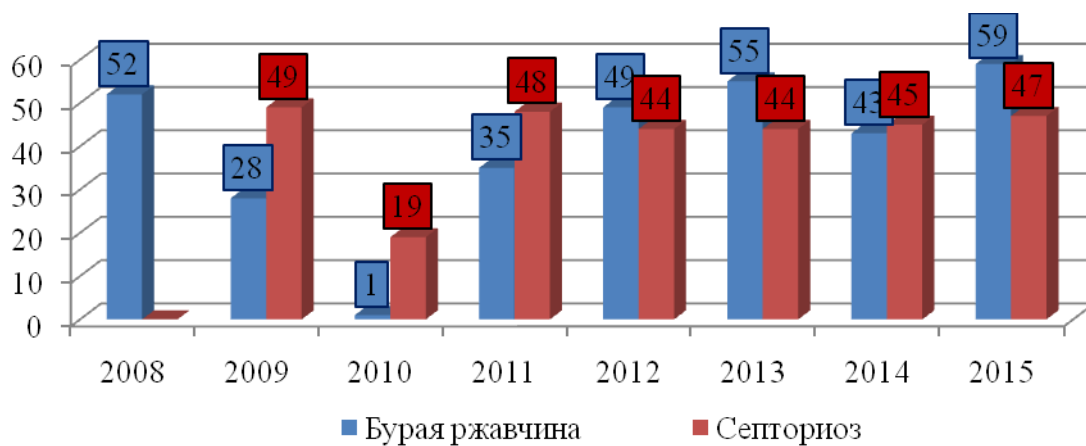


Рисунок 1. Результаты полевых исследований изучения интенсивности поражения септориозом и бурой ржавчиной пшеницы за период с 2008 по 2015 г. (в %) в зависимости от агроэкологических условий года.

Анализируя результаты интенсивности поражения септориозом и бурой ржавчиной разных жизненных форм пшеницы, можно отметить, что яровая твёрдая пшеница в среднем поразила бурой ржавчиной на 24%, а септориозом на 29%. Что существенно ниже интенсивности поражения озимой мягкой пшеницы (38 и 46% соответственно) и яровой мягкой пшеницы (48 и 45% соответственно). Септориоз в одинаковой степени поражал озимую и яровую мягкую пшеницу (по 45% соответственно), а бурая ржавчина несколько сильнее поразила яровую мягкую (48%), чем озимую мягкую пшеницу (38%).

С параметрами интенсивности поражения сортов пшеницы септориозом и бурой ржавчиной взаимосвязаны погодные условия, складывающиеся в течение вегетации растений. Поэтому нами была разработана методология составления прогноза интенсивности развития болезней в зависимости от средней температуры за апрель, май, июнь, июль и среднего количества выпадающих осадков за те же месяцы. Было применено математическое моделирование методом множественной регрессии, где регрессорами считали параметры условий среды (температура и влажность), а зависимой переменной была интенсивность поражения сортов септориозом и бурой ржавчиной в %.

В таблице 2 представлены результаты анализа для переменной интенсивности поражения бурой ржавчиной сортов пшеницы. Получено, что интенсивность поражения пшеницы детерминируется обоими экологическими параметрами, представленными в таблице в порядке убывания их прогностической значимости. Также представлены стандартизированные коэффициенты, указывающие на степень влияния соответствующих предикторов, нестандартизированные коэффициенты, отражающие размерность предикторов, а также их статистическая значимость.

Таблица 2. Результаты множественного регрессионного анализа предикторов переменной интенсивности поражения сортов пшеницы бурой ржавчиной на всех этапах исследования

	Стандартизованный регрессионный коэффициент (β)	Нестандартизованный регрессионный коэффициент (B)	t-критерий Стьюдента значимости регрессионного коэффициента	Статистическая значимость (p) для критерия Стьюдента
Свободный член уравнения		-33,90	-3,83	0,000
Количество выпавших осадков (средняя величина)	0,48	0,95	13,94	0,000
t°C (средняя величина)	0,17	2,48	5,04	0,000

На основе полученных коэффициентов составлено эмпирическое уравнение прогноза интенсивности поражения сортов пшеницы бурой ржавчиной, в %.

$$\text{ИП} = -33,90 + 0,95 \times \text{А} + 2,48 \times \text{В},$$

где А – средняя величина выпавших осадков за апрель–июль;

В – среднемесячная $t^{\circ}\text{C}$ за период апрель–июль.

$$\text{Критерий Фишера} = 101,77 \text{ (} p = 0,000 \text{)}. R^2 = 0,233.$$

Наличие статистически значимых предикторов и достоверность критерия Фишера демонстрирует адекватность модели, однако относительно небольшое значение коэффициента множественной детерминации (R^2) показывает, что ИП лишь на 23,3% детерминируется данным уравнением, и существуют другие, не учтенные в данной модели, факторы.

Для показателя интенсивности поражения сортов пшеницы септориозом были осуществлены аналогичные расчёты, в результате которых получена математическая модель (таблица 3).

Таблица 3. Результаты множественного регрессионного анализа предикторов переменной интенсивности поражения сортов пшеницы септориозом на всех этапах исследования

	Стандартизованный регрессионный коэффициент (β)	Нестандартизованный регрессионный коэффициент (В)	t-критерий Стьюдента значимости регрессионного коэффициента	Статистическая значимость (p) для критерия Стьюдента
Свободный член уравнения		36,83	5,67	0,000
Количество выпавших осадков (средняя величина)	0,31	0,37	7,49	0,000
$t^{\circ}\text{C}$ (средняя величина)	-0,04	-0,38	-1,05	0,295

На основе полученных коэффициентов составлено эмпирическое уравнение прогноза интенсивности поражения сортов пшеницы септориозом, в %.

$$\text{ИП} = 36,83 + 0,37 \times \text{А} - 0,38 \times \text{В},$$

где А – средняя величина выпавших осадков за апрель–июль;

В – среднемесячная $t^{\circ}\text{C}$ за период апрель–июль.

$$\text{Критерий Фишера} = 30,438 \text{ (} p = 0,000 \text{)}. R^2 = 0,967.$$

Наличие статистически значимых предикторов и достоверность критерия Фишера демонстрирует адекватность модели, значение коэффициента множественной детерминации (R^2) показывает, что ИП на 96,7% детерминируется данным уравнением, что говорит о его высокой достоверности.

Согласно всем критериям, самая адекватная модель получена для переменной ИП пшеницы септориозом.

Список литературы:

1. Peterson, R.F. Adigrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals / R.F. Peterson, A.V. Campbell, A.E. Hannah // Can. J. Res. Sect. – 1948. – Vol. 26. – P. 490-500.
2. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах – членах СЭВ. – Прага, Координационный центр, 1988. – 321 с.
3. Санин, С.С. Оценка эпидемической устойчивости сортов пшеницы к болезням и использование этого показателя для оптимизации биологической и химической защиты / С.С. Санин, Ю.А. Стрижекозин, В.П. Чуприна // Биологическая защита растений, как основа экологического земледелия и фитосанитарной стабилизации агроэкосистем: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию ВНИИБЗР, 21–24 сентября 2010 г. – Краснодар, 2010. – Вып. 6. – С. 540-547.