

Биология

УДК 632.4:632.938:633.11

DOI: 10.17277/voprosy.2017.02.pp.009-015

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАСОНЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ К ВОЗБУДИТЕЛЮ *Puccinia graminis Pers. f. sp. tritici* *Erikss. et Henn.*

Ю. В. Зеленева, В. В. Плахотник, В. П. Судникова

Среднерусский филиал ФГБНУ «Федеральный научный
центр им. И. В. Мичурина», г. Мичуринск, Россия

Рецензент д-р биол. наук, доцент В. В. Михайлов

Ключевые слова: восприимчивость; индекс устойчивости; латентный период; площадь под кривой развития болезни; пшеница; расонеспецифический тип устойчивости; селекция; сорт; стеблевая ржавчина; устойчивость.

Аннотация: Выделены основные критерии определения расонеспецифической устойчивости: наличие низкого типа реакции растений на заражение различными расами и биотипами гриба; проявление длительного латентного периода; меньшее, по сравнению с восприимчивым сортом, количество пустул, образующихся на единицу площади листа; слабая спорообразующая способность пустул; меньшее значение площади под кривой развития болезни по сравнению с восприимчивым сортом. В результате исследований отобраны и изучены сортообразцы яровой пшеницы с расонеспецифическим типом устойчивости к возбудителю *Puccinia graminis Pers. f. sp. tritici Erikss. et Henn.*

Введение

Селекция на иммунитет к вредоносным патогенам базируется на использовании различных типов устойчивости. Многолетняя практика показывает, что сорта с вертикальной устойчивостью быстро теряют защитные свойства в связи с появлением и адаптацией на них новых, более виру-

Зеленева Юлия Витальевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории иммунитета растений, e-mail: tmbsnifs@mail.ru; Плахотник Владимир Васильевич – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией иммунитета растений; Судникова Валентина Павловна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунитета растений, Среднерусский филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина», г. Мичуринск, Россия.

лентных форм патогена. В последнее время большое внимание уделяется вопросу создания сортов с частичной устойчивостью расонеспецифического типа, которая выражается в замедленном развитии заболевания при восприимчивом типе реакции и может сохраняться в течении длительного периода времени.

Расонеспецифической устойчивостью обладают сорта, характеризующиеся частичной устойчивостью или обладающие неполной устойчивостью. Подобные сорта имеют высокий тип инфекции в сочетании с замедленным развитием заболевания. Им свойственна пониженная рецептивность, выражающаяся в уменьшении количества образующихся пустул гриба по сравнению с восприимчивым сортом, увеличении продолжительности латентного периода, ограничении спорообразующей способности гриба [1, 2].

Анализ результатов исследования устойчивости сортов зерновых культур к ржавчинным заболеваниям в условиях полевых и лабораторных опытов позволил выделить основные критерии определения расонеспецифической устойчивости [3 – 5]:

- наличие низкого типа реакции растений на заражение различными расами и биотипами гриба;
- проявление длительного латентного периода;
- меньшее, по сравнению с восприимчивым сортом, количество пустул, образующихся на единицу площади листа;
- слабая спорообразующая способность пустул;
- меньшее значение площади под кривой развития болезни по сравнению с восприимчивым сортом.

Селекция сортов с расонеспецифическим характером устойчивости считается наиболее перспективным, хотя и сложным методом выведения ржавчиноустойчивых сортов пшеницы. Основная трудность заключается в сложности ее выявления и контроля за ней в процессе селекционного отбора в связи со сложным выражением эффекта гена или генов, обуславливающих этот тип устойчивости.

В селекции устойчивых сортов пшеницы основное внимание уделяется возбудителю бурой ржавчины. В 2016 году впервые за всю историю земледелия, в ЦЧР отмечалась эпифитотия стеблевой ржавчины пшеницы. Интенсивность поражения сильно восприимчивых сортов яровой пшеницы достигала 90 %. На этом фоне особую актуальность приобретают исследования по выявлению доноров и источников устойчивости к возбудителю *Puccinia graminis Pers. f. sp. tritici Erikss. et Henn.*

Изучение критериев расонеспецифической устойчивости осуществляли в полевых условиях.

Материалы и методы исследований

Объектом исследований служили 400 сортов, гибридов и линий яровой пшеницы отечественной и зарубежной селекции. Площадь посева – 1 м², повторность – однократная. Через каждые 20 номеров размещали контрольный восприимчивый сорт Саратовская 29.

В вариантах с использованием отдельных рас гриба сорта высевали в четырехкратной повторности с контрольным вариантом, защищенным фунгицидом (Дивиденд Экстрим 0,56 л/т), расположение делянок рендомизировано блоками, каждый из которых обсеивали овсом.

Таблица 1

**Генетическая характеристика инфекционного материала
стеблевой ржавчины, используемого в исследованиях**

Раса/патотип	Гены вирулентности
11/105	1, 5, 6, 8, 9а, 9в, 9d, 10, 11, 14, 15, 16, 21, 23, 29, 26
34/115	1, 5, 7а, 9а, 9в, 9d, 9g, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 29, 30, 37
117/125	5, 9в, 9е, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 23, 29, 36, 37
Популяция из рас	1, 5, 6, 7а, 7в, 8, 9а, 9в, 9d, 9g, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 29, 36, 37

Растения инокулировали в фазу трубкования смесью спор с тальком (1:100) при нагрузке 20 мг жизнеспособных спор на 1 м² посева. Инфекционный материал предоставлен ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии» (ВНИИФ), подобран с учетом различия по генам вирулентности. За период вегетации проводили 3–4 учета, во время которых на 25–30 растениях каждого сорта определяли уровень пораженности в процентах [6], тип реакции в баллах [7]. Рассчитывали площадь под кривой развития болезни (ПКРБ) [5] и индекс устойчивости (ИУ) [8]. На первом этапе коллекцию образцов инокулировали популяцией стеблевой ржавчины и отбирали формы, уровень пораженности которых не превышал 40 % при типе реакции 3–4 балла. Учет проводили однократно при достижении степени поражения 70–80 % контрольного восприимчивого сорта Саратовская 29.

Выделенные образцы в последующие годы служили экспериментальным материалом при разработке фитопатологических методов выявления расонеспецифической формы устойчивости. С этой целью сорта изучали на фоне заражения отдельными расами и популяцией стеблевой ржавчины. Генотип вирулентности патогена представлен в табл. 1 (ВНИИФ).

Результаты исследований

При первичном испытании к популяции гриба из 400 образцов отобрано 213, уровень пораженности которых ниже, чем у восприимчивого сорта. При дальнейшем изучении данных образцов на фоне заражения отдельными расами ржавчины в зависимости от типа реакции и уровня развития болезни они были классифицированы на три группы:

– восприимчивые ко всем расам гриба, тип реакции 3–4 балла, уровень ПКРБ выше 70–80 % от ПКРБ контрольного сорта, 14 образцов;

– с проявлением расонеспецифической формы устойчивости, тип реакции 0–2 балла, 34 образца;

– с дифференцированным типом устойчивости: к одним патотипам рас – расонеспецифическая, к другим – расонеспецифическая (тип реакции 3–4 балла, низкая интенсивность поражения и площадь под кривой развития болезни), 128 образцов;

– с признаками расонеспецифической устойчивости, тип реакции 3–4 балла, замедленное развитие всех рас патогенна и как результат – низкое значение ПКРБ, 37 образцов.

В таблице 2 приведены примеры полевой оценки группы сортов яровой пшеницы с расонеспецифическим типом устойчивости.

Таблица 2

**Результаты оценки группы образцов яровой пшеницы
с расонеспецифическим типом устойчивости
к стеблевой ржавчине**

Номер каталога, происхождение сортообразца	Раса/патотип	Тип и степень поражения ржавчиной	ПКРБ		ИУ	Латентный период, среднее значение		Снижение массы 1000 зерен
			Условных едениц	% от контроля		суток	сумма эффективных температур, °С	
Саратовская 29, контроль	11/105	4/90	1309	100	8,0	8,5	86,0	36,2
	34/115	4/90	1190		8,0	8,5		39,0
	117/125	4/100	1579		10,6	8,5		32,1
	популяция	4/100	1309		10,6	9,0		33,4
48740, США	11/105	4/20	255	19,5	1,0	10,5	108,7	8,7
	34/115	3/30	193	16,2	0,3	10,5	108,7	8,2
	117/125	3/20	180	11,4	0,5	13,5	145,5	31,0
	популяция	4/40	375	28,6	1,0	10,0	120,9	12,3
322469, Канада	11/105	4/20	255	19,5	1,3	10,0	116,1	2,6
	34/115	4/30	237	19,9	0,5	10,0	103,1	8,2
	117/125	3/10	76	4,8	0,1	11,0	117,1	1,6
	популяция	4/20	235	17,9	1,3	11,0	106,1	0,7
30483, Мексика	11/105	4/1	92	7,0	0,03	12,0	119,3	4,5
	34/115	3/1	9	0,8	0,02	10,0	103,5	3,8
	117/125	3/5	33	2,1	0,02	14,0	143,3	4,2
	популяция	4/1	11	0,8	0,6	12,0	118,0	4,5
30103, Мексика	11	3/5	36	2,7	0,5	13,0	139,0	2,5
	34	3/10	66	5,5	0,1	11,0	114,2	2,8
	117	3/5	38	2,4	0,1	12,5	133,2	1,8
	популяция	3/5	38	2,9	0,1	14,0	144,3	0,9
282069, Чили	11/105	4/30	315	24,1	1,3	10,5	121,6	0,0
	34/115	3/20	131	11,0	1,0	11,0	108,7	0,0
	117/125	3/20	230	14,6	1,0	14,0	144,7	2,0
	популяция	3/20	176	13,4	1,0	11,0	106,7	1,0
309583, Перу	11/105	4/10	140	10,7	0,6	10,5	121,6	1,0
	34/115	3/5	35	2,9	0,5	12,5	133,2	0,8
	117/125	3/10	98	6,2	0,3	10,5	121,6	0,5
	популяция	3/10	117	8,9	0,5	11	106,7	0,8
47250, Бразилия	11/105	3/5	46	3,5	0,1	13,5	144,7	0,0
	34/115	3/10	66	5,5	0,1	15,0	162,7	0,0
	117/125	3/1	7	0,4	0,01	18,5	190,1	0,3
	популяция	3/5	41	3,1	0,1	21,0	217,5	0,4

Анализ результатов полевых опытов показывает, что такие показатели, как ПКРБ и ИУ являются надежными критериями определения расонеспецифического типа устойчивости и их можно использовать в опытах с видами ржавчины пшеницы. Они дифференцируют различные по восприимчивости генотипы растения-хозяина в зависимости от вирулентности патогенна.

Однако оба критерия имеют свои недостатки. Для расчета ПКРБ необходимо провести не менее трех-четырёх учетов уровня пораженности, что сделать технически трудно при изучении большого количества селекционного материала.

Метод определения ИУ прост, производителен, хорошо коррелирует с ПКРБ, но не содержит элементов, оказывающих влияние на медленное развитие ржавчины. Определение уровня развития болезни на различных по восприимчивости сортах искусственно ограничивается интенсивностью поражения контрольного сорта 70 – 80 %. При этом выпадает из поля зрения практическая сторона вопроса, интересующая селекционера, – конечная степень поражения, которая для сортов разных групп спелости при одинаковом уровне устойчивости может оказаться разной.

Оба критерия можно использовать исходя из конкретных целей и задач исследования.

Медленное развитие ржавчины может определяться таким показателем, как продолжительность латентного периода, который определяли на сортах, инокулированных разными расами стеблевой ржавчины. Анализ полученных данных показывает, что продолжительность латентного периода на восприимчивых и устойчивых генотипах не одинакова: на восприимчивых он значительно короче, чем на устойчивых. Например, средняя продолжительность латентного периода за ряд лет наблюдений у восприимчивых сортов составляла 8–9 дней, в то время как у образцов с замедленным развитием инфекции он колебался в пределах 10–21 дня в зависимости от патотипа гриба.

Следует обратить внимание на стабильность суммы эффективных температур, необходимых для прохождения латентного периода на восприимчивых образцах: в период наблюдений она составила 85,9...96,0 °С. Закономерным является и увеличение суммы эффективных температур в зависимости от продолжительности латентного периода: в разных вариантах опыта она колебалась в пределах 103...217 °С. В большинстве случаев сумма эффективных температур по своему значению по годам практически не отличалась.

Анализ полученных результатов по латентному периоду на различных по устойчивости образцах пшеницы позволяет сделать вывод о том, что данный показатель дает четкие различия между устойчивыми и восприимчивыми генотипами и может быть использован в качестве одного из критериев, характеризующих расонеспецифичный тип устойчивости сорта.

Масса 1000 зерен во всех вариантах опыта с использованием отдельных рас и популяции гриба практически не отличалась от показателей, полученных в защищенном фунгицидом контрольном варианте. Значительное снижение массы 1000 зерен отмечалось только на восприимчивых

сортах. Однако при использовании данного показателя в качестве одного из критериев определения расонеспецифической устойчивости следует учитывать, что на величину массы 1000 зерен могут оказывать влияние такие факторы, как компенсаторная способность сорта, пластичность, группа спелости, адаптивная способность и ряд других трудно учитываемых факторов.

Выводы

Анализ полевых исследований дает основание полагать, что интегрирующим показателем неспецифической устойчивости пшеницы к стеблевой ржавчине могут служить площадь под кривой развития болезни, индекс устойчивости и продолжительность латентного периода.

Список литературы

1. Parlevliet, G. E. Components of Resistance that Reduce the Rate of Epidemic Development / G. E. Parlevliet // *Ann. Rev. Phytopathol.* – 1979. – Vol. 17. – P. 203 – 222. doi: 10.1146/annurev.py.17.090179.001223
2. Parlevliet, J. E. Modern Concepts in Breeding for Resistance to Rust Diseases / J. E. Parlevliet // *Groundnut Rust Disease: Proceedings of a Discussion Group Meeting, 24 – 28 Sept. 1984, ICRISAT Center, India.* – Patancheru, A.P. 502324, India, 1987. – P. 177 – 182.
3. Одинцова, И. Г. Лабораторный метод определения неспецифической устойчивости пшеницы к бурой ржавчине / И. Г. Одинцова, Л. А. Михайлова // *Сельскохозяйственная биология.* – 1981. – Т. 16, № 1. – С. 137 – 141.
4. Алексеева, Т. П. Влияние неспецифической устойчивости сорта Безостая 1 на проявление патогенных свойств гриба *Puccinia triticina Erikss* / Т. П. Алексеева, Л. А. Смирнова // *Микология и фитопатология.* – 1978. – Т. 12, вып. 4. – С. 301 – 305.
5. Андрейченко, Л. М. Использование критерия «Площадь под кривой развития болезни» для определения устойчивости пшеницы к бурой ржавчине / Л. М. Андрейченко, Л. А. Смирнова, В. И. Терехов // *Сельскохозяйственная биология.* – 1982. – Т. 17, № 4. – С. 478 – 481.
6. Mains, E. B. Physiological Specializations in the Cereal Rust of Wheat *Puccinia triticina Erikss.* / E. B. Mains, A. C. Jackson // *Phytopathol.* – 1926. – Vol. 16, No. 1. – P. 89 – 120.
7. Stakman, E. C. Identification of Physiological Races of *Puccinia graminis var. tritici* / E. C. Stakman, D. M. Stewart, W. Q. Loegering ; United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. – U.S., 1962. – 54 p.
8. Методика оценки яровой и озимой пшеницы на полевую устойчивость к стеблевой и бурой ржавчине / Г. С. Туров [и др.]. – ПГТ Гвардейский: [б. и.], 1987. – 8 с.

References

1. Parlevliet G.E. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development, *Ann. Rev. Phytopathol.*, 1979, vol. 17, p. 203-222, doi: 10.1146/annurev.py.17.090179.001223
2. Parlevliet J.E. Modern Concepts in Breeding for Resistance to Rust Diseases. *Groundnut rust disease*. Proceedings of a Discussion Group Meeting, 24-28 Sep 1984, ICRISAT Center, India. Patancheru, A.P. 502324, India: ICRISAT, 1987, p. 177-182.
3. Odintsova I.G., Mikhailova L.A. [Laboratory method for determining the unspecific resistance of wheat to brown rust], *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 1981, vol. 16, no. 1, pp. 137-141. (In Russ., abstract in Eng.)

4. Alekseeva T.P., Smirnova L.A. [Influence of nonspecific resistance of the variety Bezostaya 1 on the manifestation of pathogenic properties of the fungus *Puccinia triticina* Erikss], *Mikologiya i fitopatologiya* [Mycology and phytopathology], 1978, vol. 12, issue 4, pp. 301-305. (In Russ.)

5. Andreichenko L.M., Smirnova L.A., Terekhov V.I. [Use of the criterion "Area under the development curve of the disease" to determine the resistance of wheat to brown rust], *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 1982, vol. 17, no. 4, p. 478-481. (In Russ.)

6. Mains E.B., Jackson A.C. Physiological Specializations in the Cereal Rust of Wheat *Puccinia triticina* Erikss, *Phytopathol.*, 1926, vol. 16, no. 1, pp. 89-120.

7. Stakman EC., Stewart D.M., Loegering W.Q. Identification of physiological races of *Puccinia graminis* var. *tritici*. US. Dept. Agri., ASR, E617, 1962, 53 p.

8. Turov G.S., Pyatnova T.T., Smirnova L.A. [et al.]. *Metodika otsenki yarovoi i ozimoi pshenitsy na polevuyu ustoichivost' k steblevoi i buroi rzhavchine* [Method for estimating spring and winter wheat for field resistance to stem and brown rust], PGT Gvardeiskii, 1987, 8 p. (In Russ.)

Methodological Approaches to the Determination of Race Non-Specific Resistance to *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.

Yu. V. Zeleneva, V. V. Plakhotnik, V. P. Sudnikova

Mid-Russian Branch of "Federal Research Center named after I. V. Michurin", Michurinsk, Russia

Keywords: area under the development curve of the disease; cultivar; latent period; a race non-specific type of resistance; resistance; selection; stability index; stem rust; susceptibility; wheat.

Abstract: Recently, much attention has been paid to the issue of creating cultivars with partial resistance of a race nonspecific type, which is expressed in the slow development of the disease in a receptive type of reaction and can persist for a long period. Cultivars that are characterized by partial stability or incomplete stability possess race nonspecific resistance. Such cultivars have a high type of infection combined with delayed development of the disease. The main criteria for the determination of race non-specific resistance have been identified. They include the presence of a low type of plant reaction to infection with various races and biotypes of the fungus; manifestation of a long latent period; the number of pustules formed per unit area of the leaf is less in comparison with the susceptible cultivar; weak spore-forming ability of pustules; a smaller value of the area under the curve of the disease development in comparison with the susceptible cultivar. The research has resulted in the selection and study of spring wheat hybrids with race nonspecific resistance to *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.

© Ю. В. Зеленева, В. В. Плахотник, В. П. Судникова, 2017