

УДК:633.11: 632.4

СТРУКТУРА ГЕНОТИПНОГО СОСТАВА ПОПУЛЯЦИИ *PUSCINIA RECONDITE* ROB. EX. DESM. F. SP. TRITICI В ЦЧР

Зеленева Ю.В., к.с.-х.н., старший научный сотрудник, Судникова В.П., к.с.-х.н., старший научный сотрудник

Среднерусский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр им. И.В.Мичурина»

E-mail: tmbasnifs@mail.ru

Аннотация. Факторы вертикальной устойчивости пшеницы территории ЦЧР обусловлены наличием в генотипе растений генов, отвечающих за ювенильную устойчивость: *Lr9, Lr19, Lr25, Lr38, Lr39 (=Lr41), Lr40, Lr42Lr49, LrTr(=Lr9), LrTt1Tt2*.

В популяции бурой ржавчины не выявлены изоляты, вирулентные к *LrTt1Tt2, Lr19, Lr24, Lr28, Lr41, Lr43*. С низкой частотой (до 10%) отмечены изоляты, вирулентные к *Lr9 (Tr), Lr17, Lr36, Lr38, Lr39*. С частотой от 10 до 50% - *Lr18, Lr19+25, Lr21, Lr25, Lr27; Lr29, Lr32, Lr34, Lr40*; с частотой свыше 50% - *Lr1, Lr2a, Lr2b, Lr2c, Lr3ka, Lr3bg, Lr10, Lr11, Lr12, Lr13, Lr14a, Lr14b, Lr15; Lr16, Lr20; Lr22a, Lr22b, Lr26, Lr31+37; Lr37*.

Ключевые слова: селекция, генотип, популяция, бурая ржавчина, ген, вирулентность, изолят, моногенная линия, устойчивость.

Селекция на устойчивость к возбудителям болезней имеет отличительную особенность. Здесь в качестве основных компонентов участвуют два живых организма: растение-хозяин - патоген, эволюция которых происходит сопряженно [1]. При этом взаимодействие между ними, согласно теории Флора строится по системе ген – на –ген [2, 3].

Знание генетической структуры популяций патогена, частоты встречаемости генов вирулентности, их динамики во времени и пространстве, а также степени эффективности генов устойчивости относят к обязательным условиям успешной селекции на устойчивость к заболеванию.

С целью изучения патогенных комплексов возбудителя листовой ржавчины проводили маршрутные обследования производственных и селекционно-семеноводческих посевов зерновых колосовых культур в ЦЧР (Тамбовская, Липецкая, Воронежская, Курская, Белгородская области) При сборе материала и фитосанитарной экспертизе руководствовались рекомендацией, изданной под редакцией С.С. Санина [4].

Генетическую структуру популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы изучали в лабораторных условиях на наборе моногенных линий. Выращивание растений осуществляли в световой комнате с применением искусственного досвечивания люминесцентными лампами низкого давления и лампами высокого давления ДРЛФ-400. Из каждого образца выделяли по 10 монопустульных изолятов. Каждый изолят идентифицирован по генетическому составу [5, 6], в соответствии с типом реакции, определяемой по шкале Майнса и Джексона [7]. Вирулентность изолятов определяли по формуле, предложенной Грином [8].

Для выявления генов вирулентности применялось 40 моногенных линий, содержащих *Lr-гены: 1, 2a, 2b, 2c, 3ka, 3bg, 9 (Tr), 10, 11, 12, Tt1Tt2, 13, 14a, 14b, 15, 16, 17, 18, 19, 19+25, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 34, 36, 37, 38, 41, 40, 39, 43*.

В результате генетической дифференциации выделенных монопустульных изолятов возбудителя бурой ржавчины пшеницы было установлено, что популяция бурой ржавчины на территории ЦЧР насыщена такими генами, как *Lr3bg, 1, 2a, 2b, 2c, 10, 11, 12, 13, 14a, 14b, 15, 16, 20, 22, 23, 26, 31, Lr 37* (таблица 1).

Таблица 1 - Структура популяции *P. triticina* по вирулентности в ЦЧР

Ген вирулентности	Частота встречаемости генов вирулентности в популяции ЦЧР, %			Ген вирулентности	Частота встречаемости генов вирулентности в популяции ЦЧР, %		
	Озимая пшеница	Яровая пшеница	Среднее значение		Озимая пшеница	Яровая пшеница	Среднее значение
1	91,7	100	95,9	20	16,7	16,7	16,7
2a	66,7	83,3	75	21	25	66,7	45,9
2b	91,7	83,3	87,5	22	83,3	33,3	58,3
2c	91,7	100	95,9	23	58,3	100	79,2
3ka	75	83,3	79,2	24	0	0	0
3bg	91,7	100	95,9	25	33,3	33,3	33,3
9 (Tr)	0	16,7	8,4	26	75	33,3	54,2
10	100	100	100	27	8,3	0	4,2
11	91,7	100	95,9	28	0	0	0
12	50	83,3	66,7	29	16,7	33,3	25
Tt₁Tt₂	0	0	0	31	83,3	83,3	83,3
13	100	100	100	32	8,3	50	29,2
14a	100	100	100	34	25	16,7	20,9
14b	100	83,3	91,7	36	8,3	0	4,2
15	33,3	66,7	50	37	66,7	33,3	50
16	75	83,3	79,2	38	0	16,7	8,4
17	16,7	0	8,4	41	0	0	0
18	16,7	16,7	16,7	40	16,7	50	33,4
19	0	0	0	39	16,7	0	8,4
19+25	0	0	0	43	0	0	0

Устойчивость проявили следующие моногенные линии пшеницы, *Lr3ka*, *9*, *Tt₁Tt₂*, *17*, *18*, *19*, *19+25*, *21*, *24*, *25*, *27*, *28*, *29*, *32*, *34*, *36*, *38*, *41*, *40*, *39*, *43*, которых было не значительно в популяции (1-25%), либо популяция еще находится в процессе адаптации к данным генам устойчивости (*Lr9*, *Tt₁Tt₂*, *24*, *41*, *39*, *43*).

Практическую значимость имеют гены устойчивости, которые не выявлены в популяции или же встречаются с частотой не выше 9%, именно они способны обеспечить надежную защиту растения-хозяина.

По степени выраженности фенотипа субпопуляции на сортах яровой и озимой пшеницы разделялись на слабовыраженный (2-13 генов вирулентности), средневыраженный (14-18 генов вирулентности) и высоковыраженный (19 и более генов вирулентности). Был посчитан индекс вирулентности (таблица 2) по следующей формуле:

$$\text{Индекс вирулентности} = \frac{\text{число генов вирулентности}}{\text{число генов авирулентности}}$$

Таблица 2- Структура популяции *P. triticina* по фенотипу и индексу вирулентности на сортах пшеницы

Название сорта пшеницы	Количество генов вирулентности (фенотипов), шт.	Количество- генов авирулентности, шт.	Индекс вирулентности
1	2	3	4
Базальт	30	11	2,73
Тарасовская 70	21	20	1,05
Арфа	20	21	0,95
Губернатор Дона	18	23	0,78
Авеста	18	23	0,78
Мироновская 808	17	24	0,71
Дуэт	17	24	0,71
Ариадна	16	25	0,64
Безенчукская 380	16	25	0,64
Рубин	16	25	0,64
Заря	15	26	0,58
Маргарита	13	28	0,46
Курская 2038	23	18	1,28
Обская 14	22	19	1,16
Виза-виза	21	20	1,05
Воевода	17	24	0,71
Гранни	16	25	0,64
Кинельская 61	16	25	0,64

Преобладал высоковыраженный фенотип доля которого в структуре популяции составила 73,6%. Наиболее высокий показатель зарегистрирован на сорте Базальт - 26-30 рр-генов. Субпопуляции патогенна из этих же сортов обладали также и высоким индексом вирулентности - от 0,7 до 2,73 ед. Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о высокой гетерогенности и агрессивности популяции *P. triticina* в пшеничном агрофитоценозе ЦЧР.

Параллельно с испытанием эффективности генов в фазу проростков проводили изучение пораженности набора моногенных линий в естественных условиях (взрослые растения).

На основании многолетних исследований были получены следующие сведения. Факторы вертикальной устойчивости пшеницы территории ЦЧР будут обусловлены наличием в генотипе растений генов, отвечающих за ювенильную устойчивость: *Lr9, Lr19, Lr25, Lr38, Lr39 (=Lr41), Lr40, Lr42, Lr49, LrTr (=Lr9), LrTt1Tt2*.

В популяции бурой ржавчины не выявлены изоляты, вирулентные к *LrTt1Tt2, Lr19, Lr24, Lr28, Lr41, Lr43*. С низкой частотой (до 10%) отмечены изоляты, вирулентные к *Lr9 (Tr), Lr17, Lr36, Lr38, Lr39*. С частотой от 10 до 50% - *Lr18, Lr19+25, Lr21, Lr25, Lr27; Lr29, Lr32, Lr34, Lr40*; с частотой свыше 50% - *Lr1, Lr2a, Lr2b, Lr2c, Lr3ka, Lr3bg, Lr10, Lr11, Lr12, Lr13, Lr14a, Lr14b, Lr15; Lr16, Lr20; Lr22a, Lr22b, Lr26, Lr31+37; Lr37*.

За период проведенных исследований выявлены отличия в генотипическом составе популяции возбудителя бурой ржавчины на территории ЦЧР. Так, например, наблюдалось увеличение частоты изолятов *P. triticina*, вирулентных к *Lr32*; варьирование частоты встречаемости изолятов, вирулентных к *Lr17, 19, 28, 36, 38* (таблица 3).

Таблица 3 Частота встречаемости изолятов, различающихся по вирулентности в популяции бурой ржавчины территории ЦЧР

Год проведенных исследований	Низкая частота изолятов, вирулентных к <i>Lr-генам</i> (< 10%)	Средняя частота встречаемости изолятов, вирулентных к <i>Lr-генам</i> (от 10-50%)	Высокая частота встречаемости изолятов, вирулентных к <i>Lr-генам</i> (> 50%)
2018	Lr Tt ₁ Tt ₂ , Lr19,LrAgi, Lr 24,Lr 28, Lr 41, Lr 43, Lr 9 (Tr), Lr 17, Lr 36, Lr 38, Lr 39.	Lr 18, Lr 19+25; Lr 21, Lr 25, Lr 27; Lr 29, Lr 32, Lr 34, Lr 40	Lr 1, Lr 2a, Lr 2b, Lr 2c, Lr 3ka, Lr 3bg, Lr 10, Lr 11, Lr 12, Lr 13, Lr 14a, Lr 14b, Lr 15; Lr 16, Lr 20; Lr 22a, Lr 22b, Lr 26, Lr 31+37; Lr37

Выводы:

Приведенные данные свидетельствуют о высокой гетерогенности и агрессивности популяции *P. triticina* в пшеничном агрофитоценозе ЦЧР.

Эффективная олигогенная устойчивость пшеницы на территории ЦЧР будет обусловлена наличием в генотипе растений генов, отвечающих за ювенильную устойчивость: *LrTr(=Lr9)*, *LrTt₁Tt₂*, *Lr19*, *Lr19+25*, *Lr24*, *Lr38*, *Lr39(=Lr41)*, *Lr43*, *Lr42*, *Lr47*, *Lr49*.

На яровую пшеницу бурая ржавчина попадает преимущественно с озимых сортов, ближе к концу вегетации растений. Поэтому, на наш взгляд, главная роль должна принадлежать сортам с неспецифической и возрастной устойчивостью. Использование генов *Lr28* и *Lr44*, *LrW(=Lr50)*, обеспечивающих защиту на более поздних периодах развития ржавчины, может быть рекомендовано для селекции ржавчиноустойчивых сортов.

Литература

- 1.Санин, С.С. Биологические, агроэкологические и экологические аспекты фитосанитарного мониторинга / С.С. Санин // Вестник защиты растений. - 1999. - № 1. - С. 62-67.
2. Flor, H.H. Host-parasite interactions flax-rust its genetic and other implications. Phytopath. - 45. - 1955. - P.680-685.
- 3.Flor, H.H. Current status of the gene-for-gene concept. - Ann. Rev. ofPhytopath. - 1971. - v.9. - P.275-296.
- 4.Санин, С.С. Фитосанитарная экспертиза зерновых культур (болезни растений): Рекомендации. М. - ФГНУ «Росинформагротех». - Колос, 2002. - 138с.
- 5.Методические рекомендации по изучению расового состава возбудителей ржавчинных хлебных злаков. М., 1977. - 144 с.
- 6.Михайлова, Л.А. Методы исследований структуры популяций возбудителя бурой ржавчины пшеницы *Puccinia recondita* Rob. et Desm f. tritici / Л.А. Михайлова, Е.И. Гулятьева, М.В. Мироненко // Санкт-Петербург, 2003. - 213с.
7. Mains, E.B. Physiological specializationsin the cereal rust of wheat *Puccinia triticina* Erikss/ E.B. Mains, A.C. Jackson //Phytopathol., 1926. - V.16. - N1. - P.89-120.
8. Green, G.S. How isogenis lines of wheat help defeat rust. Res. Farmes, 1964. - v.9. - №1. - p.14-15.