

УДК 632.4

СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ *Puccinia triticina* В ЕВРОПЕЙСКИХ РЕГИОНАХ РОССИИ**Е.И. Гультяева, Е.Л. Шайдаюк, М.К. Аристова, И.А. Казарцев***Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия, eigulyaeva@gmail.com*

Цель исследований: охарактеризовать полиморфизм популяций *Puccinia triticina* по микросателлитным локусам в европейских регионах России в 2006–2014 гг. Выявлено высокое сходство между популяциями Поволжья, Центрального, Центрально-Черноземного и Северо-Западного регионов, что подтверждает гипотезу о существовании единой популяции гриба на данной территории, выдвинутую ранее на основании анализа вирулентности.

Ключевые слова: бурая ржавчина, SSR-маркеры, *Triticum* spp., *Aegilops* spp.

Возбудитель бурой ржавчины пшеницы (*Puccinia triticina* Erikss.) встречается практически ежегодно во всех зернопроизводящих областях европейской части России. По данным ряда исследователей [Михайлова, 2006; Сорокина и др., 1990; Гультяева и др., 2011; Коваленко и др., 2012] на данной территории существует европейская популяция гриба. Однако в результате анализа вирулентности в отдельные годы выявляются определенные различия в составе популяций между региональными европейскими популяциями [Гультяева и др., 2015], что может являться следствием естественного отбора по вирулентности на возделываемых генетически разнородных сортах. Микросателлитные маркеры являются селективно-нейтральными, связи с чем, представляло интерес оценить SSR-полиморфизм популяций *P. triticina* в Европейской части РФ.

Инфекционный материал был собран в 2006–2014 гг. Материалом служили 32 изолята из Северо-Западного региона (СЗ) (Калининградская, Псковская, Ленинградская обл.), 8 из Центрального (Ц) (Тульская, Смоленская, Владимирская, Брянская обл.), 37 из ЦЧР (Курская, Липецкая, Воронежская, Тамбовская, Белгородская обл.) и 32 из Поволжья (В) (Чувашия, Нижегородская, Самарская, Саратовская обл.). Все изоляты охарактеризованы по признаку вирулентности на 20 почти изогенных *Lr*-линиях Thatcher (Tc). Выделение ДНК проводили по методике A. Justesen и соавторов [2002]. Для SSR-анализа использовали 18 микросателлитных маркеров (PtSSR13, PtSSR50, PtSSR55, PtSSR61, PtSSR76, PtSSR91, PtSSR92, PtSSR151, PtSSR152, PtSSR158, PtSSR161, PtSSR164, PtSSR173, PtSSR186, PtSSR13, RB8, RB26, RB35 [Szabo, Kolmer, 2007; Duan et al., 2003]). Фрагментный анализ проводили на генетическом

анализаторе ABI3500 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, США). Определение размеров SSR-аллелей осуществляли в программе GeneMapper v4.1. Частоты аллелей, показатели разнообразия и индексы генетических различий рассчитаны с помощью пакета программ GeneAIEx (Genetic analysis in Excel, 6.5). UPGMA-дендрограммы сходства по вирулентности и SSR-маркерам построены с помощью пакета программ NTSYSp, Version 2.2.

Все изоляты показали устойчивый тип реакции на линии с геном *Lr24* и восприимчивый на линиях *TcLr11*, *TcLr14a*, *TcLr16*, *TcLr17a*. Варьирование в частотах вирулентности отмечено на линиях *TcLr1*, *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr3a*, *Lr3bg*, *Lr3ka*, *Lr9*, *Lr14b*, *Lr15*, *Lr16*, *Lr18*, *Lr19*, *Lr20*, *Lr26* и *Lr30*. 109 изученных изолятов были представлены 45 фенотипами вирулентности, из них 10 встречались в двух и более регионах. Изоляты из Поволжья были представлены 15 фенотипами, из ЦЧР – 19, из Центрального – 5, Северо-Западного – 19. Согласно индексу Нея (*Nei Genetic Distance*) и показателю межпопуляционной изменчивости *PhiPT* (AMOVA), изоляты из Центрального и Центрально-Черноземного регионов характеризовались высоким межпопуляционным сходством, и умеренно отличались от изолятов с Поволжья и Северо-Запада (табл. 1).

С использованием микросателлитных маркеров выявлено 29 генотипов, из них 14 отмечены в двух и более регионах. Среди волжских изолятов выявлено 18 SSR-генотипов, центральных – 3, центрально-черноземных – 18, северо-западных – 13. Для всех популяций уровень наблюдаемой гетерозиготности (*Ho*) был выше ожидаемой (*He*). Число аллелей на локус (*Na*) варьировало от 1 (локус *SSRPt76*) до 4 (*SSRPt158*, *SSRPt68*); среднее значение (*Na*)

составило 2.1 ± 0.9 . Число эффективных аллелей (N_e) незначительно колебалось между популяциями (от 1.51 до 1.62). Процент полиморфных локусов был выше в волжских популяциях (94%) и незначительно ниже в остальных европейских (ЦЧР – 83%, Ц – 72%, СЗ – 83%). Значения индексов попарных генетических дистанций (H_{ej} и F_{st}) по микросателлитным локусам были значимо ниже,

Таблица 1. Генетические различия по вирулентности

Регион	В	ЦЧР	Ц	СЗ
В	x	0,18	0,12	0,12
ЦЧР	0,17	x	0,11	0,22
Ц	0,12	0,11	x	0,12
СЗ	0,12	0,22	0,12	x

Под диагональю - индекс Нея (*Nei Genetic Distance*),
над диагональю – критерий *PhiPT*

чем по вирулентности (табл.2).

В целом, по результатам микросателлитного анализа подтверждается высокое сходство между региональными европейскими популяциями, что указывает на существование единой популяции гриба на данной территории.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект №14-04-00464а.

Таблица 2. Генетические различия по SSR-маркерам

Регион	В	ЦЧР	Ц	СЗ
В	x	0,02	0,03	0,02
ЦЧР	0,01	x	0,05	0
Ц	0,02	0,03	x	0,05
СЗ	0,02	0,01	0,03	x

Под диагональю – индекс Нея (*Nei Genetic Distance*),
над диагональю – критерий *Fst*

Библиографический список (References)

- Гуляева Е.И., Шайдаюк Е.Л., Казарцев И.А., Аристова М.К. Структура российских популяций гриба *Puccinia triticina* Eriks // Вестник защиты растений. 2015. №3(85). С. 5–10.
- Гуляева Е.И., Косман Е., Дмитриев А.П., Баранова О.А. Структура популяций *Puccinia triticina* по вирулентности и ДНК-маркерам в Северо-Западном регионе РФ в 2007 году // Микология и фитопатология, 2011. Т.45(1). С.70-81.
- Коваленко Е.Д. и др. Современное состояние популяций возбудителя бурой ржавчины и создание генбанка источников и доноров устойчивости пшеницы // Иммуногенетическая защита сельскохозяйственных культур от болезней: теория и практика. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова. Б. Вяземы Московской обл. 17-20 июля 2012 г. С.69-80.
- Plant Protection News, 2016, 3(89), p. 56–57
- Михайлова Л.А. Генетика взаимоотношений возбудителя бурой ржавчины и пшеницы // СПб. ВИЗР, 2006. 80 с.
- Сорокина Г.К. Смирнова Л.А., Лангава В.К. и др. Использование эффективных *Lr*-генов в селекции пшеницы на устойчивость к бурой ржавчине (Методические рекомендации). ВНИИФ, М., 1990. 31 с.
- Duan X., Enjalbert J., Vautrin D. et al. Isolation of 12 microsatellite loci, using an enrichment protocol, in the phytopathogenic fungus *Puccinia triticina* // Mol. Ecol. Notes. 2003. Vol.3. P. 65–67.
- Justesen A.F., Ridout C. J., Hovmøller M. S. The recent history of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Denmark as revealed by disease incidence and AFLP markers // Plant Pathology. 2002. V. 51. P. 13–23.
- Szabo L. S., Kolmer J.A. Development of simple sequence repeat markers for the plant pathogenic rust fungus *Puccinia triticina* // Mol.Ecol. Notes. 2007. №7. P. 708-710.

POPULATION STRUCTURE OF *Puccinia triticina* IN THE EUROPEAN REGIONS OF RUSSIA

E.I. Gulyaeva, E.L. Shaydayuk, M.K. Aristova, I.A. Kazartsev

All-Russian Institute of Plant Protection, eigulyaeva@gmail.com

The aim of researches is to characterize the polymorphism of *Puccinia triticina* populations for microsatellite loci in the European regions of the Russia in 2006–2014. The high similarity between the populations from Volga, Central, Central Black Earth and Northwest regions were revealed that confirms the hypothesis about single similar fungus population existence in this territory proposed previously based on the analysis of virulence.