

## ВИРУЛЕНТНОСТЬ И РАСОВЫЙ СОСТАВ *PUSCINIA TRITICINA* В КАЗАХСТАНЕ В 2018 г.

Мауленбай А.Д., магистр технических наук  
Ыскакова Г.Ш., магистр естественных наук  
Рсалиев А.С.к.с.-х.н.

Научно-исследовательский институт проблем биологической безопасности, ул. Б. Момышулы, 15, Жамбылская область, Кордайский район, пгт. Гвардейский, 080409, Республика Казахстан, [maulenbay.id@gmail.com](mailto:maulenbay.id@gmail.com)

### Аннотация

Листовая ржавчина (возбудитель облигатный гриб *Puccinia triticina* Erikss.) распространена повсеместно во всех зонах возделывания озимой и яровой пшеницы. Цель данного исследования – определение вирулентности и расового состава популяций возбудителя листовой ржавчины пшеницы, собранных в основных регионах Казахстана в 2018 г. С использованием статистических методов охарактеризованы региональные популяции *P. triticina* по признаку вирулентности и расовому составу. В различных экологических зонах республики наиболее эффективными к листовой ржавчине были линии с генами *TcLr19*, *TcLr24*, *TcLr25* и *TcLr29*. Определено 25 рас возбудителя *Puccinia triticina* Erikss. Расы TGTGT и TQTGT встречались во всех изученных популяциях. Широким спектром вирулентности характеризовались, в основном, уникальные расы (TRTJT, TRTHT, THTHT, THTQT), выявленные только в отдельных популяциях. Результаты исследований представляют ценность как для теоретического понимания внутривидовой структуры биотрофного гриба *P. triticina*, так и для селекции пшеницы на устойчивость к листовой ржавчине.

**Ключевые слова:** *Puccinia triticina*, вирулентность, раса, ген, индекс, монопустульные изоляты, урединиоспоры, изогенные линии, частота.

### Введение

Листовая ржавчина, вызываемая биотрофным грибом *Puccinia triticina* Erikss

. – распространенное и значимое заболевание мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*) [1]. В зерносеющих зонах Казахстана листовая ржавчина развивается ежегодно и встречается почти повсеместно, но особенно в

северном, восточном и западном регионах с достаточным увлажнением на посевах яровой пшеницы [2-6]. В последнее время листовая ржавчина стала распространяться на юге и юго-востоке Казахстана [7]. В период

2001-2016 годы эпифитотийное развитие патогена в отдельности или в комплексе с септориозом на яровой пшенице происходило 8 раз. Коммерческие сорта в Казахстане не обладают устойчивостью к листовой ржавчине, в годы раннего проявления и сильного развития она охватывает площадь до 1,5-2,0 млн га и снижает урожай до 15-20 % [2, 3, 5, 7, 8]. Это в свою очередь сильно влияет на стабильность развития сельскохозяйственного производства.

Стратегическое направление борьбы с ржавчиной, которое является доминирующим в современной сельскохозяйственной науке, в большинстве регионов мира – это создание устойчивых сортов.

Создание ржавчиноустойчивых сортов пшеницы тесно связано с систематическим анализом популяций патогена, так как в природе часто возникают новые расы ржавчины, и изменяется их соотношение [7, 9-11]. При этом популяционные исследования возбудителей болезней пшеницы являются неотъемлемым этапом при разработке научно-

#### **Материалы и методика исследований**

В исследованиях были использованы гербарные материалы растений, инфицированных листовой ржавчиной, собранные во время фитосанитарного мониторинга на производственных и опытных посевах пшеницы в 4 районах 3 областей Казахстана (Восточно-казахстанская, Костанайская и Акмолинская область) в 2018 году [12].

скоординированных стратегий селекции и размещении устойчивых сортов. Использование в селекции генетически однородных доноров, предопределяет быструю потерю устойчивости за счет возникновения новых рас и смену фенотипического состава популяций. Кроме того, эффективность одного и того же гена устойчивости в различных районах может быть разной в зависимости от состава популяции возбудителя болезни [7, 9-11]. В связи с этим, изучение структуры популяции листовой ржавчины пшеницы, путей возникновения новых рас, потенциально опасных для коммерческих сортов пшеницы, в настоящее время не потеряло своей актуальности, а напротив, приобретает еще большее значение в связи с изменениями, происходящими в производстве пшеницы.

Целью настоящей работы было определение вирулентности и расового состава популяций возбудителя листовой ржавчины пшеницы, собранных в основных регионах Казахстана в 2018 г.

Выделение и размножение монопустульных изолятов *P. triticina* Eriks. осуществлены в условиях теплицы согласно существующим методикам [1, 13-15]. При этом урединиоспоровый материал возбудителя патогена с сухих листьев был реанимирован на восприимчивом сорте и клонирован. В качестве сорта-субстрата использовали восприимчивых сортов к листовой

ржавчине: Саратовская 29, Стекловидная 24. В изолированных боксах теплицы создали благоприятные условия для роста и развития растений и патогена. Урединиоспоры изолятов собирали с помощью вакуумно-нагнетательного насоса, 220 В (Merck Millipore, Франция) после максимального проявления болезней на листьях (через 10-15 суток) [7].

Свежесобранные споры монопустульных изолятов листовой ржавчины, с влажностью 25-30 % подсушивали в термостате при 38-40 °С в течение 4-5 часов, для доведения их влажности до 4-6 %. Затем их расфасовывали в ампулы и откачивали воздух из ампулы с помощью вакуумной установки [7]. В результате было всего выделено 85 изолятов возбудителя *P. triticina* из

гербарных образцов пшеницы, собранных во время мониторинга в разных регионах Казахстана (таблица 1).

Для определения вирулентности и расового состава популяций листовой ржавчины использовали 20 почти изогенных линий Thatcher с генами Lr(TcLr). Для обозначения фенотипов набор TcLr-линий был разделен на пять групп, по четыре линии в каждой: I – Lr1, Lr2a, Lr2c, Lr3a; II – Lr9, Lr16, Lr24, Lr26; III – Lr3ka, Lr11, Lr17, Lr30; IV – Lr19, Lr20, Lr25, Lr29; V – Lr2b, Lr3bg, Lr14a, Lr15. Первые три группы набора соответствовали североамериканскому набору [15], остальные две включали линии, актуальные для дифференциации казахстанских популяций *P. triticina*.

Область	Район, село, хозяйство	Источники инфекции, сорта пшеницы	Число выделенных монопустульных изолятов, шт.
Восточно-Казахстанская	Глубоковский, Опытное поле, производственный посев	Алтай	15
Костанайская	Карабалыкский, Научный, КарабСХОС, производственный посев	Карабалыкская 92	15
	Карабалыкский, Научный, КарабСХОС,	Августина	15

	питомник размножения		
	Костанайский, Абай, ТОО "ОХ Заречный", 5- отделение	Омская 36	20
Акмолинская	Шортандинский, Научный, севооборот селекции яровой мягкой пшеницы НПЦЗХ им. Бараева	Акмола 2	20
Всего:			85

Расы определяли при помощи качественной реакции устойчивости и восприимчивости линий. Типы реакции 0, 1 и 2 балла указывали на устойчивость хозяина, а 3 и 4 балла – восприимчивость, соответственно [15].

Буквенный код фенотипов (рас), частоты вирулентности популяций и рас, среднее число аллелей вирулентности (AVC), относительное число аллелей вирулентности (RVC) и индексы внутри/междупопуляционного

#### **Основные результаты исследований НИР**

Заражение изогенных *Lr*-линий монопустульными изолятами листовой ржавчины пшеницы в условиях изолированных боксов теплицы позволило определить потенциал вирулентности популяции этого гриба. Среди использованных для анализа вирулентности двадцати *Lr*-линий восемнадцать показали вариабельность по типу инфекции при инокуляции разными популяциями листовой ржавчины. Все тестируемые изоляты были

разнообразия Нея ( $H_s$ ), Шеннона ( $Sh$ ), Роджера ( $R$ ) и Космана ( $KW_m$ ,  $KB$ ) определяли с использованием пакета программ Virulence Analysis Tools (VAT) [17]. Генетическую дифференциацию популяции определяли по индексам  $G_{ST}$  и Нея ( $N$ ), которые были рассчитаны с использованием алгоритма AMOVA. Многомерная диаграмма генетических расстояний между популяциями патогена построена с помощью опции PCoA (Principal Coordinates) в пакете программ GeneAIEx [18].

авирулентны на линии *TcLr24* и вирулентны к *TcLr2b* (таблица 2). Частота изолятов, вирулентных к линиям *TcLr1*, *TcLr2a*, *TcLr2c*, *TcLr3a*, *TcLr3bg*, *TcLr3ka*, *TcLr17*, *TcLr14a*, *TcLr15*, *TcLr20*, *TcLr30*, была высокой во всех популяциях и достигала 75-100 % (таблица 2). Установлена существенная вариабельность частоты изолятов, вирулентных к *TcLr26* (10-46,67 %).

Таблица 2 – Вирулентность популяций листовой ржавчины к изогенным *Lr* линиям

Изогенные <i>Lr</i> линии	Частота изолятов (%), вирулентных к <i>Lr</i> линиям, в популяциях:				
	ВКО	Карабалык	Кустанай	Шортанды	Среднее
<i>TcLr1</i>	93,3	96,7	100	100	97,5
<i>TcLr2a</i>	86,7	90,0	90,0	100	91,7
<i>TcLr2c</i>	66,7	90,0	90,0	95,0	85,4
<i>TcLr3a</i>	93,3	96,7	100	100	97,5
<i>TcLr9</i>	33,3	16,7	15,0	20,0	21,3
<i>TcLr16</i>	66,7	83,3	75,0	70,0	73,8
<i>TcLr24</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>TcLr26</i>	46,7	20,0	10,0	45,0	30,4
<i>TcLr3ka</i>	100	80,0	75,0	90,0	86,3
<i>TcLr11</i>	53,3	96,7	100	100	87,5
<i>TcLr17</i>	100	96,7	100	100	99,2
<i>TcLr30</i>	93,3	96,7	100	100	97,5
<i>TcLr19</i>	13,3	6,7	5,0	15,0	10,0
<i>TcLr20</i>	93,3	83,3	70,0	95,0	85,4
<i>TcLr25</i>	0,0	13,3	10,0	10,0	8,3
<i>TcLr29</i>	0,0	6,7	10,0	5,0	5,4
<i>TcLr2b</i>	100	96,7	100	100	99,2
<i>TcLr3bg</i>	100	96,7	100	100	99,2
<i>TcLr14a</i>	86,7	93,3	95,0	95,0	92,5
<i>TcLr15</i>	93,3	90,0	90,0	95,0	92,1

Коэффициенты вариации частоты встречаемости изолятов, вирулентных к *TcLr19* составили 5-15 %. Линии *TcLr25* и *TcLr29* характеризовались высокой резистентностью, число изолятов, не поражающих эти линии,

варьировало от 86,7 до 95%. По результатам экспериментов к числу эффективных генов против различных популяций патогена следует отнести *TcLr9*, *TcLr19*, *TcLr24*, *TcLr25* и *TcLr29* (таблица 2).

В результате анализа 85 монопустульных изолятов выявлено 25 рас возбудителя *P. triticina* в регионах Казахстана в 2018 году (таблица 3). Расы TGTGT и TQTGT встречались во всех изученных популяциях. Расы TGKGT и THTJT были общими в карабалыкской, кустанайской и шортандинской популяциях, а MBTVQ, TBTBT, TGTQT – в карабалыкской и кустанайской.

Большинство рас *P. triticina*, выявленных в популяции из Восточно-Казахстанской области, не отмечались в других популяциях. Широким спектром вирулентности (вирулентные к 16-17 линиям) характеризовались, в основном, уникальные расы (TRTJT, TRTHT, THTHT, THTQT), выявленные только в отдельных популяциях (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристики рас *Puccinia triticina* в регионах Казахстана

Расы	Авирулентность к линиям Thatcher с генами Lr	Частота фенотипов в популяциях, %			
		ВКО	Карабалык	Кустанай	Шортанды
TGTGT	9, 24, 26, 19, 25, 29	6,7	33,3	25,0	15,0
TGKGT	9, 24, 26, 3ка, 19, 25, 29	0,0	13,3	15,0	10,0
TQTGT	24, 26, 19, 25, 29	13,3	10,0	10,0	15,0
TRTJT	24, 19, 29	0,0	6,7	0,0	0,0
THTJT	9, 24, 19, 29	0,0	6,7	10,0	20,0
MBTVQ	2а, 2с, 9, 16, 24, 26, 19, 20, 25, 29, 14а, 15	0,0	6,7	5,0	0,0
TBTBT	9, 16, 24, 26, 19, 20, 25, 29	0,0	6,7	15,0	0,0
TGTQT	9, 24, 26, 25, 29	0,0	3,3	5,0	0,0
THTQT	9, 24, 25, 29	0,0	3,3	0,0	0,0
BBBBN	1, 2а, 2с, 3, 9, 16, 24, 26, 3ка, 11, 17, 30, 19, 20, 25, 29, 3bg	0,0	3,3	0,0	0,0
TGKHT	9, 24, 26, 19, 25	0,0	3,3	0,0	0,0
THTHT	9, 24, 19, 25	0,0	3,30	0,0	0,0
TGTCT	9, 24, 26, 19, 20, 25	0,0	0,0	5,0	0,0
MBKBS	2а, 2с, 9, 16, 24, 26, 3ка, 19, 20, 25, 29, 15	0,0	0,0	5,0	0,0
TQKHT	24, 26, 3ка, 19, 25	0,0	0,0	5,0	0,0

TCTGT	9, 16, 24, 19, 25, 29	0,0	0,0	0,0	20,0
TBTQT	9, 16, 24, 26, 25, 29	0,0	0,0	0,0	10,0
RHTGT	2с, 9, 24, 26, 19, 25, 29	0,0	0,0	0,0	5,0
TQTMQ	24, 26, 20, 25, 14а, 15	0,0	0,0	0,0	5,0
TRTHT	24,19, 25	33,3	0,0	0,0	0,0
SQTQT	3, 24, 26, 25, 29	13,3	0,0	0,0	0,0
PGPGR	2а, 9, 24, 26, 11, 19, 25, 29, 14а	13,3	0,0	0,0	0,0
TGSGT	9, 24, 26, 30, 19, 25, 29	6,7	0,0	0,0	0,0
TRTGT	24, 19, 25, 29	6,7	0,0	0,0	0,0
KHTBS	1, 9, 24, 19, 20, 25, 29, 15	6,7	0,0	0,0	0,0

Характеристика внутривидового разнообразия по вирулентности и фенотипическому составу представлена в таблице 4.

Согласно индексам Шеннона,  $Sh$  (по фенотипическому составу), Нея,  $H_s$  (по частоте аллелей

вирулентности) и Космана,  $KW_m$  (объединенный по вирулентности и фенотипическому составу), более высокую гетерогенность имели популяции из ВКО и Карабалыка ( $Sh=0,700-0,709$ ,  $H_s=0,150-0,188$ ,  $KW_m=0,173-0,273$ ).

Таблица 4 – Внутривидовое разнообразие *P. triticina*

Индексы	ВКО	Карабалык	Кустанай	Шортанды
Число изолятов	15	30	20	20
Число фенотипов (рас)	8	12	10	8
AVC	13,133	13,533	13,350	14,450
среднее RVC	0,657	0,677	0,668	0,723
$Sh$	0,700	0,709	0,633	0,659
$H_s$	0,188	0,150	0,135	0,123
$KW_m$	0,273	0,173	0,165	0,165

Таблица 5 – Различия между популяциями *P. triticina* по генетическим индексам

Популяция	ВКО	Карабалык	Кустанай	Шортанды
-----------	-----	-----------	----------	----------

Индекс Роджерса (R)				
ВКО	0,000			
Карабалык	0,833	0,000		
Кустанай	0,833	0,300	0,000	
Шортанды	0,800	0,583	0,550	0,000
Индекс Нея (N)				
ВКО	0,000			
Карабалык	0,028	0,000		
Кустанай	0,038	0,003	0,000	
Шортанды	0,025	0,008	0,014	0,000
Индекс генетических дистанций GST				
ВКО	0,000			
Карабалык	0,042	0,000		
Кустанай	0,057	0,008	0,000	
Шортанды	0,044	0,018	0,022	0,000
Индекс Космана (KB <sub>m</sub> )				
ВКО	0,000			
Карабалык	0,161	0,000		
Кустанай	0,159	0,076	0,000	
Шортанды	0,124	0,105	0,096	0,000

Многомерная диаграмма характеристики региональных популяций, построенная на основании значений индексов Роджерса, Нея,  $G_{ST}$  и Космана представлена на рисунке 1. На ней изученные региональные образцы популяций объединились в три группы. В одну из них вошла шортандинская популяция, во вторую восточно-казахстанская. В третью близкородственную группу

объединились популяции из Карабалыка и Кустаная ( $R=0,300$ ,  $N=0,003$ ,  $G_{ST}=0,008$ ,  $KB_m=0,076$ ).



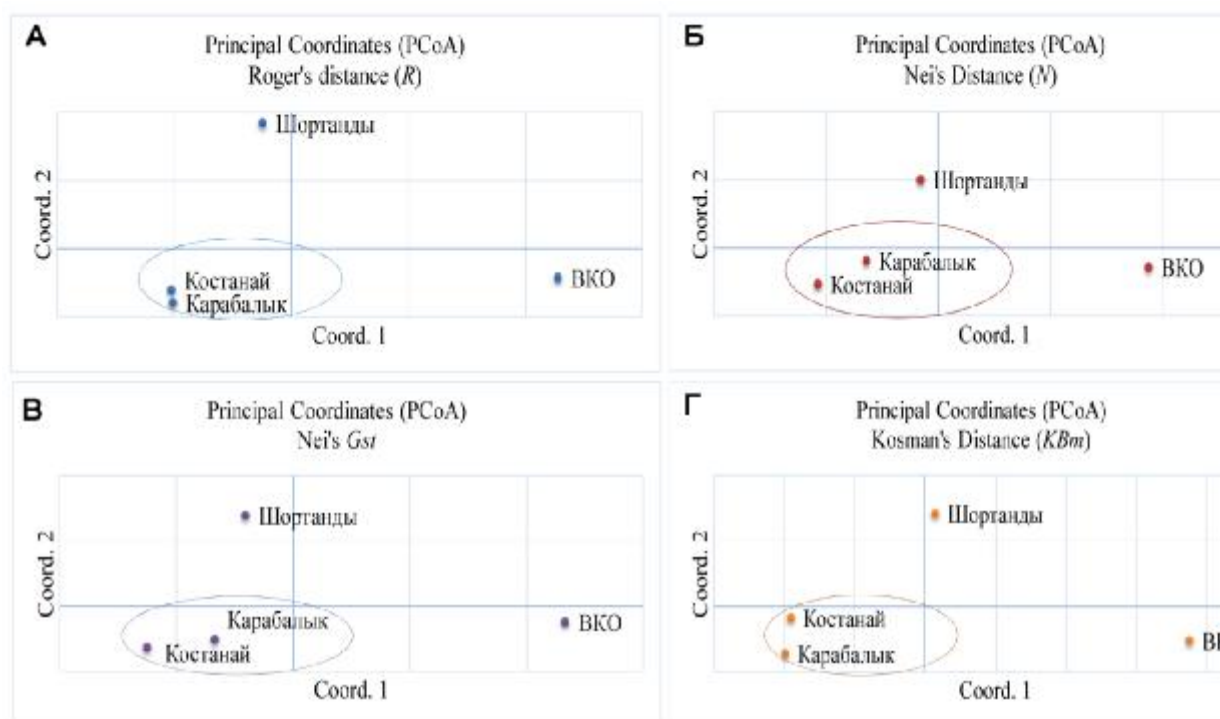


Рисунок 1 – Многомерная диаграмма генетических расстояний между региональными популяциями *Puccinia triticina* по индексам Роджерса (А), Нея (Б) и  $G_{ST}$  (В), Космана (Г)

### **Обсуждение полученных данных и заключение**

Изучение структуры популяций листовой ржавчины пшеницы на территории Казахстана проводится с 1960-х годов [20, 21]. Для определения ареалов популяций аэрогенного патогена *P. triticina* необходимо было проведение исследований, охватывающих как можно более обширную территорию в течение одного вегетационного сезона. В 2018 году нами проанализировано 85 монопустульных изолята *P. triticina*, из них идентифицировано 25 рас, имеющих от 5 до 16 генов вирулентности. В ходе анализа нами не выявлено изолята, вирулентного к гену *Lr24*, что показывает на высокую эффективность. Также можно отметить эффективные гены *Lr9*, *Lr19*, *Lr25* и *Lr29*, у которых число

изолятов способных преодолеть устойчивость, обусловленную этими генами, было низким. В условиях Казахстана вирулентные расы патогена к линиям с генами *Lr9* и *Lr19* впервые обнаружены в 2005-2006 годы [7, 22]. А в регионах Российской Федерации потеря эффективности гена *Lr19* зафиксирована в конце 1980 годов и гена *Lr9* – в 2008 г., соответственно [23]. В данном эксперименте всего 2 расы TRTJT и THTJT проявляют вирулентность к *TcLr25*, которые встречаются в основном в северных регионах республики. Ранее было отмечено, что ген *Lr25* передан мягкой пшенице от сорта ржи Rosen и проявляет высокую эффективность ко многим популяциям и расам листовой ржавчины [7]. Хотя в

условиях России данный ген не относится к числу эффективных генов устойчивости [23]. Частота вирулентности к *TcLr1*, *TcLr2a*, *TcLr2c*, *TcLr3a*, *TcLr3bg*, *TcLr3ka*, *TcLr17*, *TcLr14a*, *TcLr15*, *TcLr20*, *TcLr30* была высокой во всех изучаемых популяциях, что согласуется с результатами ранее проведенного анализа вирулентности патогена [7, 19, 22]. В целом изоляты всех популяций обладали широким спектром вирулентности, которые выражаются в среднем числе аллелей вирулентности  $AVC=13,133-14,450$ .

Выявленные 25 расы *P. triticina* неравномерно распределились между популяциями. При этом из общего числа обнаруженных рас для всех популяций, только 7 присутствовали в 2-х и более популяциях, причем с различной частотой встречаемости. Среди них расы TGTGT и TQTGT являются общими для всех региональных популяций патогена. В отдельных популяциях (Карабалык, Кустанай, Шортанды) также часто встречались расы TGKGT, THTJT, MBTVQ, TBTBT и TGTQT. Кроме того, в каждой исследованной популяции выявлены уникальные расы, не обнаруженные в других популяциях, чаще всего они представлены единичными изолятами, но имеются и исключения. Раса TCTGT, обнаруженная в популяции Шортанды с частотой 20% отсутствовала в других популяциях, расы TRTHT, SQTQT и PGPGR, обнаруженные в

популяции ВКО с частотой 13,3-33,3 %, также не отмечались в других популяциях. Отдельные выявленные расы в 2018 году (TQT-, TGT-, THT-, TCT-, TBT-) также были часто встречаемыми и в предыдущие годы в регионах Казахстана [7, 19, 22].

Индекс описывающий комплексное межпопуляционное различие ( $KB_m$ ) объединила костанайскую и карабалыкскую популяцию в единую субпопуляцию, в наиболее отдаленную выделила Восточно-Казахстанскую популяцию. Низкое значение индекса генетической дифференциации  $G_{ST}=0,008$  свидетельствует о наличии общей эпифитотийной зоны *P. triticina* на территории Карабалыка и Кустаная. В исследованиях генетической структуры *P. triticina*, проведенных в сопредельных странах, сообщается об общем эпифитотийном развитии листовой ржавчины в Западной Сибири и Северном Казахстане [23]. Ранее было отмечено, что популяций *P. triticina* из южных и северных регионов Казахстана имеют высокое сходство по вирулентности и расовому составу. Низкая генетическая дифференциация может быть следствием переноса спор воздушными потоками из-за отсутствия географических барьеров между севером и югом Казахстана [24]. Так же развитию патогена по полному циклу может способствовать произрастание в регионах Казахстана промежуточного хозяина – *Isopyrum fumarioides* или *Thalictrum*

*spp.* [22, 24]. Следовательно, высокий инфекционный потенциал гриба, поддерживающийся в природе на промежуточном хозяине, не исключает массового проявления листовой ржавчины при благоприятных условиях.

Таким образом, дана наиболее полная характеристика расового состава возбудителя листовой ржавчины пшеницы в основных регионах возделывания пшеницы в Казахстане, определено

### **Благодарность**

Работа была выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках программы грантового финансирования на 2018-2020 гг. (грант №AP05132236). Авторы благодарят сотрудников НИИПББ Пахратдинову Ж.У. и Байгутова М.Ж., за оказанную помощь при получении экспериментальных данных.

### **Список литературы:**

1. Roelfs A. P., Singh R. P., Saari E. E. Rust Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management. – Mexico: CIMMYT, 1992. – P. 81
2. Койшибаев М. К. Болезни зерновых культур. – Алматы: Бастау, 2002. – С. 366
3. Койшыбаев М. К. Риск распространения бурой, стеблевой и желтой ржавчины на зерновых культурах Республики Казахстан. – Астана: Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций, 2010. – С. 206-208
4. Rsaliyev Sh., Tileubaeva Zh., Agabaeva A., Rsaliyev A. Virulence of wheat leaf, stem and yellow rust pathotypes in Kazakhstan // The Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology – 2010. – Vol. 4. Special Issue №1.- P. 71-76
5. Койшыбаев М. К. Мониторинг и прогноз развития особо опасных болезней в Казахстане // Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем: Матер. третьего Всероссийского Съезда по защите растений. Санкт-Петербург Россия, 2013. – ВИЗР, 2013. – С. 242-245
6. Morgounov A., Rosseva L., Koyshibayev M. Leaf Rust Wheat in Northern Kazakhstan and Siberia. Incidence, virulence and breeding for resistance // Australian Journal of Agricultural Research – 2007. – Vol. 58. № 9. - P. 847-853
7. Рсалиев Ш. С. Иммунологические основы дифференциации и использования возбудителей ржавчины пшеницы в селекции // Казахский НИИ земледелия и растениеводства: дис. ... док. биол. наук. Алматы, Казахстан, 2010. – Алмалыбак, 2010. – С. 280

внутрипопуляционное разнообразие и различия между изученными популяциями гриба. Выявленная дифференциация между северными и восточными популяциями может быть обусловлена контрастностью сортов пшеницы, возделываемых в этих регионах, географической отдаленностью регионов и различиями климатических условий.

8. Койшыбаев М. К., Канафин Б. К., Федоренко Е. Н., Гоц А. Ю., Мухамеджанова Г. С. Источники и доноры устойчивости яровой пшеницы к видам ржавчины и септориозу в Северном Казахстане // Биотехнология, генетика и селекция растений: Материалы научно-практической конф., Алматы, Казахстан, 2017. – Алмалыбак, 2017. – С. 151-153

9. Gulyaeva E. I., Dmitriev A. P., Kosman E. Regional diversity of Russian populations of *Puccinia triticina* in 2007 // Canadian J. Plant Pathology – 2012. – Vol. 34. №2. - P. 213-224

10. Гультяева Е. И., Аристова М. К., Шайдаюк Е. Л., Казарцев И. А. Структура азиатских популяций *Puccinia triticina* по вирулентности и микросателлитным маркерам // Микология и фитопатология – 2017. – Т. 51. №1. - С. 54-59

11. Gulyaeva E. I., Shaydayuk E. L., Goncharov N. P., Akhmetova A., Abdullaev K. M., Belousova M. H., Kosman E. Virulence of *Puccinia triticina* on *Triticum* and *Aegilops* species // Australasian Plant Pathology. – 2016. – Vol. 45. №2. - P. 155-163

12. Рсалиев А. С., Байгутов М. Ж., Асраубаева А. М., Гультяева Е., Амирханова Н. Т. Сбор образцов популяции видов ржавчины и пятнистости листьев пшеницы в регионах Казахстана // Наука, производство, бизнес: современное состояние пути инновационного развития аграрного сектора на примере Агрохолдинга «Байсерке-Агро»: Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Досмухамбетова Т. М. Алматы, Казахстан, 2019. – Алматы, 2019. – Т. 2. – С. 48-53

13. Коновалова Н. Е., Семенова Л. П., Сорокина Г. К., Щекоткова Т. В., Суздальская М. В., Буканова В. К., Жемчужина А. И., Горбунова Ю. В., Рогожина Э. М., Соломатин Д. А., Королева Л. А., Щелко Л. Г. Методические рекомендации по изучению расового состава возбудителей ржавчины хлебных злаков. – Москва: ВАСХНИЛ, 1977. – С. 144

14. Kolmer J. A. Physiologic specialization of *Puccinia triticina* in Canada in 1997 // Plant Disease – 1999. – Vol. 83. №2. - P. 194-197

15. Long D. L., Kolmer J. A. A North American system of nomenclature for *Puccinia triticina* // Phytopathology – 1989. – Vol.79. №5. - P. 525-529

16. Mains E. B., Jackson H. S. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat *Puccinia triticiana* Erikss // Phytopathology – 1926. – Vol.16. - P. 89-120

17. Kosman E., Dinoor A., Herrmann A., Schachtel G. A. Virulence Analysis Tool (VAT). User Manual [Электронный ресурс]. - 2008. - URL: <http://www.tau.ac.il/lifesci/departments/plants/memrs/kosman/VAT.html> (дата обращения: 06.01.2020).

18. Peakall R., Smouse P. GenAlEx 6.5: Genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research – an update // Bioinformatics – 2012. – Vol. 28. №19. - P. 2537-2539

19. Гультяева Е. И., Коваленко Н. М., Шаманин В. П., Тюнин В. А., Шрейдер Е. Р., Шайдаюк Е. Л., Моргунов А. И. Структура популяций листовых патогенов яровой пшеницы в западно-азиатских регионах России и

Северном Казахстане в 2017 году // Вавиловский журнал генетики и селекции – 2018. – Т. 22. №3. - С. 363-369

20. Morgunov A. I., Zykin V. A., Sereda G. A., Urazaliev R. A. Siberian and North Kazakhstan Wheat Pool. The world wheat book: a history of wheat breeding. – Paris: Lavoisier Publishing, 2001. – P. 755-772

21. Куликова Г. Н., Юрчинова Т. И. Физиологические расы бурой ржавчины, выявленные на пшенице // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана – 1972. – Т.2 - С. 36–39

22. Агабаева А. Ч., Рсалиев Ш. С. Патогенные свойства возбудителя листовой ржавчины пшеницы (*Puccinia triticiana* Eriks.) в Казахстане // Новости науки Казахстана – 2013. – Вып.1. - С. 66-74

23. Гультияева Е. И. Генетическая структура популяций *Puccinia triticiana* в России и ее изменчивость под влиянием растения-хозяина // Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений: дис. ... док. биол. наук Пушкин-Санкт-Петербург, Россия, 2018. – ВИЗР, 2018. – С. 312

24. Kolmer, J. A., Ordoñez, M. E. Genetic differentiation of *Puccinia triticiana* populations in Central Asia and the Caucasus // Phytopathology – 2007. – Vol. 97. №9 - P. 1141-1149

## REFERENCES

1. Roelfs A. P., Singh R. P., Saari E. E. Rust Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management. – Mexico: CIMMYT, 1992. – P. 81

2. Koyshibaev M. K. Bolezni zernovyih kultur. – Almatyi: Bastau, 2002. – P. 366

3. Koyshyibaev M. K. Risk rasprostraneniya buroy, steblevoy i zheltoy rzhavchinyi na zernovyih kulturah Respubliki Kazahstan. – Astana: Atlas prirodnih i tehnogennyih opasnostey i riskov chrezvyichaynyih situatsiy, 2010. – P. 206-208

4. Rsaliyev Sh., Tileubaeva Zh., Agabaeva A., Rsaliyev A. Virulence of wheat leaf, stem and yellow rust pathotypes in Kazakhstan // The Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology – 2010. – Vol. 4. Special Issue №1.- P. 71-76

5. Koyshyibaev M. K. Monitoring i prognoz razvitiya osobo opasnyih bolezney v Kazahstane // Fitosanitarnaya optimizatsiya agroekosistem: Mater. tretego Vserossiyskogo S'ezda po zaschite rasteniy. Sankt-Peterburg Rossiya, 2013. – VIZR, 2013. – P. 242-245

6. Morgounov A., Rosseva L., Koyshibayev M. Leaf Rust Wheat in Northern Kazakhstan and Siberia. Incidence, virulence and breeding for resistance // Australian Journal of Agricultural Research – 2007. – Vol. 58. № 9. - P. 847-853

7. Rsaliev Sh. S. Immunologicheskie osnovyi differentsiatsii i ispolzovaniya vzbuditeley rzhavchinyi pshenitsyi v selektsii // Kazahskiy NII zemledeliya i rasteniyevodstva: dis. ... dok. biol. nauk. Almatyi, Kazahstan, 2010. – Almalyibak, 2010. – P. 280

8. Koyshyibaev M. K., Kanafin B. K., Fedorenko E. N., Gots A. Yu., Muhamedzhanova G. S. Istochniki i donoryi ustoychivosti yarovoy pshenitsyi k vidam rzhavchinyi i septoriozu v Severnom Kazahstane // Biotekhnologiya, genetika i selektsiya rasteniy: Materialy nauchno-prakticheskoy konf., Almaty, Kazakhstan, 2017. – Almaty, 2017. – P. 151-153

9. Gulyaeva E. I., Dmitriev A. P., Kosman E. Regional diversity of Russian populations of *Puccinia triticina* in 2007 // Canadian J. Plant Pathology – 2012. – Vol. 34. №2. - P. 213-224

10. Gulyaeva E. I., Aristova M. K., Shaydayuk E. L., Kazartsev I. A. Struktura aziatskih populyatsiy *Puccinia triticina* po virulentnosti i mikrosatellitnyim markeram // Mikologiya i fitopatologiya – 2017. – T. 51. №1. - P. 54-59

11. Gulyaeva E. I., Shaydayuk E. L., Goncharov N. P., Akhmetova A., Abdullaev K. M., Belousova M. H., Kosman E. Virulence of *Puccinia triticina* on *Triticum* and *Aegilops* species // Australasian Plant Pathology. – 2016. – Vol. 45. №2. - P. 155-163

12. Rsaliev A. S., Baygutov M. Zh., Asraubaeva A. M., Gulyaeva E., Amirhanova N. T. Sbor obraztsov populyatsii vidov rzhavchinyi i pyatnistosti listev pshenitsyi v regionah Kazahstana // Nauka, proizvodstvo, biznes: sovremennoe sostoyanie puti innovatsionnogo razvitiya agrarnogo sektora na primere Agroholdinga «Baysyerke-Agro»: Sbornik trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyaschennoy 70-letiyu Dosmuhambetova T. M. Almaty, Kazakhstan, 2019. – Almaty, 2019. – T. 2. – P. 48-53

13. Konovalova N. E., Semenova L. P., Sorokina G. K., Schekotkova T. V., Suzdalskaya M. V., Bukanova V. K., Zhemchuzhina A. I., Gorbunova Yu. V., Rogozhina E. M., Solomatin D. A., Koroleva L. A., Schelko L. G. Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu rasovogo sostava vzbuditeley rzhavchinyi hlebnih zlakov. – Moskva: VASHNIL, 1977. – P. 144

14. Kolmer J. A. Physiologic specialization of *Puccinia triticina* in Canada in 1997 // Plant Disease – 1999. – Vol. 83. №2. - P. 194-197

15. Long D. L., Kolmer J. A. A North American system of nomenclature for *Puccinia triticina* // Phytopathology – 1989. – Vol.79. №5. - P. 525-529

16. Mains E. B., Jackson H. S. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat *Puccinia triticiana* Erikss // Phytopathology – 1926. – Vol.16. - P. 89-120

17. Kosman E., Dinoor A., Herrmann A., Schachtel G. A. Virulence Analysis Tool (VAT). User Manual [Электронный ресурс]. - 2008. - URL: <http://www.tau.ac.il/lifesci/departments/plants/memrs/kosman/VAT.html> (data obrashcheniya: 06.01.2020).

18. Peakall R., Smouse P. GenAlEx 6.5: Genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research – an update // Bioinformatics – 2012. – Vol. 28. №19. - P. 2537-2539

19. Gulyaeva E. I., Kovalenko N. M., Shamanin V. P., Tyunin V. A., Shreyder E. R., Shaydayuk E. L., Morgunov A. I. Struktura populyatsiy listovyih patogenov yarovoy pshenitsyi v zapadno-aziatskih regionah Rossii i Severnom



Kazahstane v 2017 godu // Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii – 2018. – T. 22. № 3. -P. 363-369

20. Morgunov A. I., Zykin V. A., Sereda G. A., Urazaliev R. A. Siberian and North Kazakhstan Wheat Pool. The world wheat book: a history of wheat breeding. – Paris: Lavoisier Publishing, 2001. – P. 755-772

21. Kulikova G. N., Yurchikova T. I. Fiziologicheskie rasyi buroy rzhavchinyi, vyiyavlennyie na pshenitse // Vestnik selskohozyaystvennoy nauki Kazahstana – 1972. – T.2 - P. 36–39

22. Agabaeva A. Ch., Rsaliev Sh. S. Patogennyie svoystva vozbuditelya listovoy rzhavchinyi pshenitsyi (*Puccinia triticiana* Eriks.) v Kazahstane // Novosti nauki Kazahstana – 2013. – Vyip.1. - P. 66-74

23. Gulyaeva E. I. Geneticheskaya struktura populyatsiy *Puccinia triticina* v Rossii i ee izmenchivost pod vliyaniem rasteniya-hozyaina // Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut zaschityi rasteniy: dis. ... dok. biol. nauk Pushkin-Sankt-Peterburg, Rossiya, 2018. – VIZR, 2018. – P. 312

24. Kolmer, J. A., Ordoñez, M. E. Genetic differentiation of *Puccinia triticina* populations in Central Asia and the Caucasus // Phytopathology – 2007. – Vol. 97. №9 - P. 1141-1149

## **ҚАЗАҚСТАНДА 2018 ЖЫЛЫ *PUCCINIA TRITICINA* ВИРУЛЕНТТІЛІГІ МЕН РАСАЛЫҚ ҚҰРАМЫ**

*Мәуленбай А.Д., техникалық ғылымдарының магистрі*  
*Ысқақова Г.Ш., жаратылыстану ғылымдарының магистрі*  
*Рсалиев А.С., а.ш.-ғ.к.*

*Биологиялық қауіпсіздік проблемаларының ғылыми-зерттеу институты, Б. Момышұлы к-сі, 15, Жамбыл облысы, Қордай ауданы, Гвардейский қтк, 080409, Қазақстан Республикасы, [maulenbay.id@gmail.com](mailto:maulenbay.id@gmail.com)*

**Түйін:** Жапырақ татының расалық құрамын анықтау үшін Қазақстанның әртүрлі аймақтарында кеңінен пайдаланылатын Алтай, Карабалыкская 92, Августина, Омская 36 бидай сорттарынан қоздырғыштың 85 монопустулалық изоляттары бөлініп алынды және олар жан-жақты зерттелді. Нәтижесінде республиканың түрлі экологиялық белдемдерінде *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr25* және *Lr29* гендері бар линиялар жапырақ таты изоляттарынан тиімді қорғана білді. Бидай жапырақ таты қоздырғышының 25 расасы анықталды және олар әртүрлі жиілікпен кездеседі және вируленттілік белгісі бойынша бір-бірінен толық ажыратылады. Қоздырғыштың TGTGT және TQTGT расалары Қазақстанның барлық аймақтарында кездесетіні айқындалды. Жекелеген расалар (TRTJT, TRTHT, THTHT, THTQT) кең спектрі вируленттілікпен сипатталды. Қазақстанның әрүрлі аймағынан тәжірибеге пайдаланған *P. triticina* популяциялары вируленттілігі және расалық құрамы бойынша арнайы статистикалық әдістер арқылы сипатталды. Статистикалық талдау нәтижелері Қарабалық пен Қостанай аймақтарында бидай егістігінде кездесетін жапырақ таты популяцияларының ішкі

генетикалық құрылымы, патогеннің расалық құрамы және даму деңгейі біркелкі болатынын байқатты. Ал, солтүстік және шығыс Қазақстан популяциялары арасында аталған белгілер бойынша айтарлықтай айырмашылық бар екенін көрсетті. Бұл, аталған аймақтарда өсірілетін бидай сорттарының өзгешелігіне, географиялық алшақтығына және климаттық жағдайдың айырмашылығына байланысты болуы мүмкін. Зерттеу нәтижелерін жапырақ татына бағытталған бидай селекциясында және фитопатологиялық зерттеулерде тиімді пайдалануға болады.

**Кілттік сөздер:** *Puccinia triticina*, вируленттілік, раса, ген, индекстер, монопустулалық изоляттар, урединиоспоралар, изогенді линиялар, жиілік

## VIRULENCE AND RACIAL COMPOSITION OF *PUCCINIA TRITICINA* IN KAZAKHSTAN IN 2018

*Maulenbay A.D., MSE*

*Yskakova G.Sh., M.Sc.*

*Rsaliyev A.S., candidate of agricultural sciences*

*Research Institute of Biological Safety Problems, 15 Momyshuly str.,  
Guardeyskiy uts of Korday district of Zhambyl region, 080409, Kazakhstan  
Republic, [maulenbay.id@gmail.com](mailto:maulenbay.id@gmail.com)*

**Summary:** To determine the racial composition of leaf rust, 85 single pustule isolates of the pathogen were isolated from Altai, Karabalykskaya 92, Augustina, Omskaya 36 wheat varieties, which are widely used in different regions of Kazakhstan. As a result, lines with genes *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr25* and *Lr29* were most effective for leaf rust in various ecological zones of the republic. Twenty-five races of wheat leaf rust pathogens have been found with varying frequency and virulence. TGTGT and TQTGT races of the pathogen were found in all regions of Kazakhstan. Mainly unique races (TRTJT, TRTHT, THTHT, and THTQT) characterized a wide range of virulence. Virulence and racial composition of Kazakhstani populations of *P. triticina* were characterized via descriptive statistical methods. The results of statistical analysis showed that in the Karabalyk and Kostanay regions, the genetic structure, racial composition and development of the pathogen of leaf rust populations found in wheat fields are uniform. However, there are significant differences between the populations of northern and eastern Kazakhstan. This may be due to the diversity of crop, geographical differences and climatic conditions in these regions. The results of the study can be used effectively in the breeding of wheat for leaf rust and phytopathology researches.

**Key words:** *Puccinia triticina*, virulence, race, gene, indices, single pustule isolates, urediniospores, isogenic lines, frequency