

- 2 Crozier A. Dietary phenolics, absorption, mammalian and microbial metabolism and colonic health //Molecular nutrition & food research. 2009. Т. 53. С. 5–6.
- 3 Debeaujon I., Leon-Kloosterziel K. M., Koornneef M. Influence of the testa on seed dormancy, germination, and longevity in Arabidopsis //Plant physiology. 2000. Т. 122. №. 2. С. 403–414.
- 4 Dong C. Protective effect of proanthocyanidins in cadmium induced neurotoxicity in mice // Drug Research. 2014. P. 555–560.
- 5 Jende-Strid B. Genetic control of flavonoid biosynthesis in barley // Hereditas. 1993. V. 119. №. 2. P. 187–204.
- 6 Jia L. et al. Proanthocyanidins inhibit seed germination by maintaining a high level of abscisic acid in Arabidopsis thaliana F // Journal of integrative plant biology. 2012. Т. 54. №. 9. С. 663–673.
- 7 Rauf A. et al. Proanthocyanidins: A comprehensive review //Biomedicine & Pharmacotherapy. 2019. V 116. P. 108999.
- 8 Terao J., Kawai Y., Murota K. Vegetable flavonoids and cardiovascular disease // Asia Pacific journal of clinical nutrition. 2008. №. 17.

DOI 10.18699/GPB2024-62

Генетическая изменчивость изолятов пыльной головни пшеницы *Ustilago tritici* (Pers.) Jens.

*Орлова Е.А. *, к.с.-х.н., в.н.с.; Агеева Е. В., к.с.-х.н., н.с.; Пискарев В. В. к. с.-х. н., зав. лабораторией.*

*Сибирский НИИ растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра Института цитологии и генетики СО РАН, Краснообск, Россия
email: Orlova.lena10@yandex.ru

Изучен расовый состав пыльной головни яровой мягкой пшеницы в Новосибирской области. Установлено, что 66 раса не однородна и состоит из более мелких биотипов, различающихся по реакции вирулентности на сортах – дифференциаторах и дополнительном наборе сортов, включенных в исследование.

Ключевые слова: пыльная головня пшеницы, изоляты, раса, сорта-дифференциаторы.

Genetic variability of isolates of the loose smut of wheat *Ustilago tritici* (Pers.) Jens.

*Orlova E.A. *, Ageeva E. V. Piskarev V.V.*

Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Krasnoobsk, Russia

The racial composition of the loose smut of spring soft wheat in the Novosibirsk region has been studied. It was found that the 66 race is not homogeneous and consists of smaller biotypes that differ in virulence response on differentiator varieties and an additional set of varieties included in the study.

Keywords: wheat dusty smut, isolates, race, differentiator varieties.

Расовая популяция пыльной головни пшеницы не стабильна. Причины возник-

новения новых рас объясняются рекомбинационными процессами гриба. При половом слиянии гиф разных типов совместимости происходит перекомбинация признаков, что приводит к появлению на растении – хозяине гибридного спорового материала. Таким образом, теоретически каждое новое споровое поколение гриба может отличаться от предыдущего [1]. Знание частоты вирулентности рас в популяции патогена имеет важное значение для определения эффективной устойчивости хозяина.

Целью данной работы было охарактеризовать фенотипы вирулентности изолятов *U. tritici*, наиболее часто встречающейся и распространенной 66 расы пыльной головки яровой мягкой пшеницы.

Исследования по дифференциации рас возбудителя пыльной головки пшеницы проводили с использованием двух наборов сортов-дифференциаторов – тест-набора ВИР, широко используемого в России и канадского, используемого за рубежом [2, 3]. В основу идентификации рас положены признаки вирулентности и агрессивности возбудителя, которые определяются по степени поражения сортов-дифференциаторов в соответствующих наборах.

На вирулентность было оценено 18 изолятов, выделенных из образцов популяций патогена, собранных с различных генотипов мягкой яровой пшеницы. Головные колосья собирали на фитопатологическом участке СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН, расположенном в п. Мичуринский, с коллекционных образцов высеванных на опытном поле растительных ресурсов (р.п. Краснообск), а также с образцов, полученных по программе челночной селекции КАСИБ, высеванных на опытном поле селекции яровой пшеницы СибНИИРС – филиала ИЦиГ, расположенном в р.п. Краснообск. Инокуляцию колосьев 2 наборов сортов-дифференциаторов популяцией патогена и отдельными изолятами проводили в зимний период в камере ускоренного выращивания (УВР), с целью исключения перезаражения сортов-дифференциаторов спорами возбудителя пыльной головки пшеницы. За изолят (клон) принимали спорный материал с одного колоса (моносорусный изолят).

На наборе сортов-дифференциаторов ВИР, популяция пыльной головки пшеницы в 2021–2023 гг. тестируется как 66 раса. Эта раса не поражает сорта твердых пшениц (Акмолинка 5, Миндум и Народная), специализирована к сортам мягкой пшеницы и относится к группе *aestivum*. Она поражает сорта Kota, Rumkers Dikkopf, Reward, Diamante, но авирулентна к сортам Московка и Preston (табл. 1).

Одновременная инокуляция дифференцирующего набора из Канады позволила установить, что эта раса состоит из более мелких единиц – биотипов, различающихся между собой по вирулентности к отдельным тест-линиям. Как видно из таблицы 2, в 2021 г. поражение 66-й расой дифференцирующей линии TD-12, несущий ген устойчивости *Ut4*, составило 4,5 %, тип реакции – устойчивый. В 2022–2023 гг. отмечается накопление в популяции пыльной головки биотипов 66 расы, способных преодолеть устойчивость этой линии. Такое же изменение устойчивости по годам отмечается и на тестирующей линии TD-18.

Таблица 1 – Поражение сортов-дифференциаторов ВИР яровой пшеницы популяцией пыльной головки (2021–2023 гг.)

Сорта- дифференци- аторы	Поражение по годам, %			Тип реакции		
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Московка	5,9	4,3	0	R	R	R
Kota	38,5	22,7	26,2	S	S	S
Preston	0	0,3	6,7	R	R	R
Rumkers Dikkopf	10,2	19,4	10,3	S	S	S
Reward	23,9	51,1	44,4	S	S	S
Diamante	38,9	30,0	18,7	S	S	S
Акмолинка 5	0	0	0	R	R	R
Mindum	0	0	0	R	R	R
Народная	0	0	0	R	R	R
номер расы				66	66	66

Таблица 2 – Реакция канадского набора сортов-дифференциаторов на популяцию пыльной головки яровой пшеницы (инф. фон, 2021–2023 гг.)

Дифференциаторы TD	Процент поражения по годам, %			Тип реакции		
	2021 г.	2022 г.	2023г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
TD-1 Mindum	0	0	0	R*	R	R
TD-2 Renfrey Ut1	0	1,6	0	R	R	R
TD-3 Florence/Aur Ut 1	1,1	1,5	2,9	R	R	R
TD-4 Kota Ut 2	38,5	22,7	26,2	S**	S	S
TD-5 Little club Ut2	22,2	19,1	25,8	S	S	S
TD-6 PJ 69282	1,8	0	0	R	R	R
TD-7 Reward	47,3	51,8	28,3	S	S	S
TD-8 Carma Ut3	20,6	21,4	39,1	S	S	S
TD-9 Kearney	24,2	12,4	22,6	S	S	S
TD-10 Red bobs Ut 1	0	0	0	R	R	R
TD-11 Pentad	0	0	0	R	R	R
TD-12Thatcher/Regent Ut 4	4,5	15,8	23,2	R	S	S
TD-13PJ29584/CJ7795	29,5	41,5	30,4	S	S	S
TD-14 Sonop	0	0	1,1	R	R	R
TD-15 H-44/Marquis	1,0	0	4,9	R	R	R
TD-16 Marroqui 588	0	0	0	R	R	R
TD17Marquillo/Waratah	0,7	0	0,6	R	R	R
TD-18 Manitau2/Giza144	1,9	2,3	10,1	R	R	S
TD-19Wakooma	0	0	0	R	R	R

*R – устойчивость, поражение до 10 %; **S – восприимчивость, поражение более 10 %.

Более подробно вопрос физиологической специализации пыльной головки пшеницы изучался на отдельных моносорусных изолятах, собранных с различных генотипов яровой пшеницы. На сортах-дифференциаторах ВИР 66 раса была определена у 18 моносорусных изолятов, которые на канадском дифференцирующем наборе отличались по реакции устойчивости/восприимчивости на тест-линиях TD-12, TD-15 и TD-18. По результатам сравнительного анализа вирулентности, они были объединены в 5 групп. К первой группе было отнесено 5 изолятов, которые по поражению тест-набора были идентичны 66 расе. Они вирулентны к дифференцирующей линии TD-12 с геном *Ut4* и не поражали дифференциаторы TD-15 и TD-18.

Эти споровые образцы, собранные с линии Л 1012 (Алтай) с поля генетиков, ЭР 79-07, л 8-12-18, (линии КАСИБ, Карабалыкский СХОС), 11/009-13-3 (линия КАСИБ, Павлодар) и сорта Радуга. Фенотип второй группы изолятов, собранных с сортов Славина (Новосибирского ГСУ), Обская 2 и Сарта (с фитоучастка) характеризовался авирулентностью к тест-линиям канадского набора TD-12 и TD-18, и вирулентность к TD-15. Основное отличие изолятов, вошедших в 3-ю и 4-ю группы, отмечали по реакции чувствительности к тестовой линии TD-18. Изоляты 3-й группы (4 моносорусных изолята), собранные с образцов Алтайская 110 × Сонет (АлтайНИИСХ), Велютунум 15 и л 128-15 (КАСИБ), Жигулевская (фитоучасток) не поражают дифференцирующую линию TD-18, но вирулентны к линиям TD-12 и TD-15. В 4-ю группу вошли 2 изолята, показавшие восприимчивую реакцию на дифференцирующих линиях TD 12, TD-15 и TD-18, это изоляты с Сибирская 21 (размножение, поле растительные ресурсы), Ильменская 2 (КАСИБ). В 5-ю группу вошли изоляты с Барнаула (л -1107), с поля в Омской области, Калачинского р-на, с Омской 38 (Омск, СибНИИЗХоз), Хакасская (поле растительные ресурсы) Они авирулентны к дифференцирующим линиям TD-12, TD-15, и TD-18 и, по ключу для определения физиологических рас канадского тест-набора, соответствуют 18 расе (табл. 3).

Таблица 3 – Реакция дифференцирующих линий на инокуляцию моносорусными изолятами пыльной головки пшеницы

Канадский набор дифференциаторов	Группы изолятов				
	66 раса (1)	2	3	4	5
Изоляты с сортов	ЭР 79-07, л 8-12-18, (КАСИБ, Карабалыкская СХОС), 11/009-13-3 (КАСИБ, Павлодар), Л 1012 (Алтай) и сорт Радуга	Славина (Новосибирский ГСУ), Обская 2, Сарта (ф/уч)	Алтайская 110 × Сонет (АлтайНИИСХ), Велютунум 15 и л 128-15 КАСИБ, Жигулевская (ф/уч)	Сибирская 21 (размножение, поле растит. ресурсов), Ильменская 2 (КАСИБ)	Л -1107 (Барнаул), изолат с поля в Омской обл., Калачинского р-на, с Омской 38 (Омск, СибНИИЗХоз), Хакасская (поле растит. ресурсы)
TD12 Thatcher/Regent Ut4	S	R	S	S	R
TD-15 H44/ Marquis	R	S	S	S	R
TD-18 Manitau 2/Giza 144	R	R	R	S	R
частота встречаемости изолятов, количество/%	5/27,8	3/16,7	4/22,2	2/11,1	4/22,2

Инокуляция клонами дополнительного набора сортов яровой мягкой пшеницы, включенных в исследование, также показала различие реакции растений на зараже-

ние клонами. Так сорта Алтайская 100, Безенчукская 98, Грекум 114, Новосибирская 15, Новосибирская 44, Новосибирская 61, Памяти Вавенкова, Glenlea, Heines Kolben не поражаются 66 расой и ее клонами. Восприимчивость к этим патотипам отмечена на сортах Ильменская 2, Новосибирская 18, Новосибирская 31, Сибирская 12, Сибирская 21, Скала, Симбирцит, Тулайковская 10, Экада 70.

Различие по устойчивости к 66 расе и ее клонам выявлено на сортах Сибирская 17, Обская 2, Маргарита, Фаворит, AC Vista, Норе, Heines Koga.

Таблица 4 – Реакция сортов яровой пшеницы на инокуляцию моносорусными изолятами пыльной головки пшеницы

Сорта	Поражение, %					
	66 раса	66-1	66-2	66-3	66-4	66-5
Алтайская 100	R	R	R	R	R	R
Безенчукская 98	R	R	R	R	R	R
Грекум 114	R	R	R	R	R	R
Новосибирская 15	R	R	R	R	R	R
Новосибирская 44	R	R	R	R	R	R
Новосибирская 61	R	R	R	R	R	R
Памяти Вавенкова	R	R	R	R	R	R
Glenlea (Ut4Ut6Ut8)	R	R	R	R	R	R
Heines Kolben	R	-	R	R	-	R
Ильменская 2	S	S	S	S	S	S
Новосибирская 18	S	S	S	S	S	S
Новосибирская 31	S	S	S	S	S	S
Сибирская 12	S	S	S	S	S	S
Сибирская 21	S	S	S	S	S	S
Скала	S	S	S	S	S	S
Симбирцит	S	S	S	S	S	S
Тулайковская 10	S	S	S	S	S	S
Экада 70	S	S	S	S	S	S
Сибирская 17	S	R	S	S	S	S
Маргарита	S	S	S	R	S	R
Обская 2	S	S	S	S	R	S
Фаворит	S	R	S	S	S	S
Норе	S	R	S	S	S	-
Heines Koga	S	R	S	S	S	-

Таким образом, одновременное заражение двух дифференцирующих наборов и дополнительное включение в исследование набора сортов яровой мягкой пшеницы, позволило выявить неоднородность 66 расы и предположить, что она состоит как минимум, из 5 биотипов, различающихся между собой по патогенности.

Финансирование: Работа поддержана бюджетным проектом ИЦиГ СО РАН № FWNR-2022-0018.

Список литературы

1 Кривченко В.И. Устойчивость зерновых колосовых к возбудителям головневых болезней: ВАСХНИЛ. М.: Колос. 1984. 304 с.

- 2 Дружинин А.Е., Крупнов В.А. Пшеница и пыльная головня. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 208. 164 с.
- 3 Nielsen J, Thomas PL. 1996. Loose smut. In: Wilcoxson RD, Saari EE, editors. Bunt and smut diseases of wheat: concepts and methods of disease management. Mexico (DF): CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center); p. 33–47.

DOI 10.18699/GPB2024-63

Влияние интрогрессий от *Triticum timopheevii* в хромосому 2В пшеницы на устойчивость к засухе

Пермякова М.Д.^{1*}, д.б.н., ст.н.с.; Пермяков А.В.¹, к.б.н., ст.н.с.; Щукина Л.В.², м.н.с.; Осипова С.В.¹, д.б.н., в.н.с.; Рудиковская Е.Г.¹, к.б.н., ст.н.с.; Поморцев А.В.¹, к.б.н., ст.н.с.; Пшеничникова Т.А.², к.б.н., зав. сектором.

¹ФГНУ Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, Россия

²ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

*email: marperm@rambler.ru

Был исследован потенциал засухоустойчивости у трех линий с интрогрессией фрагментов генома *Triticum timopheevii* в хромосоме 2В пшеницы. В условиях смоделированной почвенной засухи были изучены показатели фотосинтеза, содержание фотосинтетических пигментов, свободного пролина и водорастворимых сахаров, активность антиоксидантных ферментов и липоксигеназы, а также фенологические параметры и компоненты урожая. Было установлено, что присутствие интрогрессии в области, фланкированной маркерами Xgwm120-Xgwm047, в хромосоме 2ВL пшеницы Саратовская 29, может способствовать адаптации к широкому спектру неблагоприятных факторов без ущерба для зерновой продуктивности.

Ключевые слова: пшеница *Triticum aestivum* L., интрогрессия, *Triticum timopheevii*, водный дефицит, стрессоустойчивость.

Effect of *Triticum timopheevii* introgressions in 2B chromosome of bread wheat on drought tolerance

Permyakova M.D.^{1*}, Permyakov A.V.¹, Shchukina L.V.², Osipova S.V.¹, Rudikovskaya E.G.¹, Pomortsev A.V.¹, Pshenichnikova T.A.²

¹Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia

²Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia

*email: marperm@rambler.ru

The drought tolerance potential of three lines with introgression of *Triticum timopheevii* genome fragments in regions of wheat chromosome 2B carrying genes for resistance to pathogenic fungi was investigated. Under simulated soil drought the photo-