

**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УСТОЙЧИВОСТИ ПШЕНИЦЫ  
К РЖАВЧИНЕ**

**Ботиров М.** - аспирант, **Джумаев К.** - к.с/х.н, **Хабибулло Д.**, **Нигмонов М.** - д.б.н,  
**Насырова Ф.Ю.** - д.б.н., профессор, ИБФиГР НАНТ

*Ключевые слова:* ржавчина, споры, расы, устойчивость.

На многих международных форумах по заболеваниям пшеницы ученые обращают серьезное внимание ржавчинным болезням этой главной сельскохозяйственной культуры в связи с глобальными эпидемиями. Ведущие специалисты в области исследований по генетике устойчивости пшеницы призывают вести систематический мониторинг за распространением болезней пшеницы, а также изменениями расового состава патогенов. В связи с глобальным потеплением климата и накоплением инфекции патогенов можно предположить, что возникнет опасная ситуация, когда эпифитотия ржавчины может уничтожить до 50% урожая. Из грибковых болезней пшеницы виды ржавчины продолжают оставаться самым опустошительным растительным патогеном в мире, среди них подавляющее количество видов относится к фитопатогенным грибам (более 80%). Наиболее распространёнными видами ржавчины являются стеблевая ржавчина пшеницы (*Puccinia graminis f. sp. tritici*), жёлтая ржавчина (*Puccinia striiformis tritici*) и бурая ржавчина (*P. recondita*). Потери урожая возделываемых культур от грибных болезней, в зависимости от агроэкологических ресурсов, в различные годы варьируют от 5 до 30 %, а в эпифитотийные “ до 50 % и более. Так, в годы эпифитотийного развития ржавчины в Таджикистане и Узбекистане на необработанных фунгицидами полях потери зерна достигали 30-40% и более [1, 2].

Виды ржавчины узкоспециализированны: *P. recondita f. sp. tritici* состоит из физиологических рас или патотипов, поражающих определенный набор сортов. Они подвержены изменениям в пространстве и во времени, что необходимо учитывать при селекции. Для определения расового состава возбудителей раньше применяли сортидифференциаторы, например, для желтой ржавчины “ Марокко. В последние годы для обозначения рас желтой ржавчины применяют набор изогенных линий пшеницы с Yr генами, для листовой ржавчины “ с Lr генами; стеблевой “ Sr генами. В настоящее время у возбудителя желтой ржавчины зарегистрированы более 30 генов, листовой “ более 40 и стеблевой “ 48 генов вирулентности [3].

Желтая ржавчина часто развивается до эпифитотийного уровня в регионах Восточная Африка, Ближний Восток, Китай, Центральная и Восточная Азия, что обусловлено тремя факторами:

Благоприятные климатические условия в период вегетации пшеницы, в частности мягкая зима и прохладная весна. В Ферганской долине Таджикистана и Узбекистана, где пшеницу возделывают в условиях орошения, для развития патогена условия идеальны.

Восприимчивость к ней большинства возделываемых сортов, в регулировании динамики развития желтой ржавчины большое значение имеет устойчивость взрослых растений.

Изменение устойчивости сортов в результате естественной мутации и появление новых рас патогена более высокой вирулентностью.

Особенность желтой ржавчины - способность гриба продолжать свой рост на некотором расстоянии от места выращивания культуры, то есть развивать так называемый диффузный мицелий. Обнаружено, что мицелий паразита может вырастать на 2,5-2,9 мм в сутки. Урединиоспоры возбудителя желтой ржавчины распространяются ветром на большие расстояния, до 800 км. Это дает возможность патогена из очагов поражения попадать в другие регионы. По сравнению с другими видами, желтая ржавчина приспособлена к низким температурам. Прорастают урединиоспоры в условиях 100%-ной влажности при температуре 1-25°C (оптимум - 11-13°C), а уже при температуре 20°C и выше развитие болезни сдерживается. Причем при 14-15°C урединиоспоры прорастают в течение четырех часов, а при 7-10°C - через восемь-девять. Урединиоспоры гриба

одноклеточные, ярко-желтого цвета, шаровидные, диаметром 15-20 мкм, с бесцветной колючковатой оболочкой. Телиоспоры продолговато-булавовидные, двуклеточные, бурые, с короткой бесцветной ножкой, размером 30-57х16-24 мкм. Гриб развивается и зимует в урединиостадии и за лето дает несколько поколений урединиоспор, что способствует быстрому распространению инфекции. Сохранению и распространению возбудителя способствуют мягкая зима, влажные и прохладные весна и начало лета. Продолжительность уредогенерации зависит преимущественно от температуры. При жаркой погоде мицелий может отмирать, и тогда желтая ржавчина не проявляется. Неблагоприятно влияет на развитие болезни и недостаток света.

Yahyaoui с соавт. [3] указывают, что большинство возделываемых сортов пшеницы Западной и Центральной Азии были устойчивы к превалирующим расам желтой ржавчины. Многие её сорта были защищены только одним расоспецифическим или двумя генами. В течении нескольких лет произошла смена расового состава патогена, появилась новая раса, вирулентной к гену Yr9. Популяция возбудителя желтой ржавчины состоит из многих рас (на сегодня их известно более 50). Причем наиболее вирулентные расы *P. striiformis* происходят из Китая, в частности, из Тибета.

В период 1995-2002 гг. в Таджикистане определена устойчивость к желтой ржавчине 4000 образцов пшеницы, полученных из международных центров СИММИТ и ИКАРДА, а также России и Узбекистана. При эпифитотии болезни в 1998 и 1999 гг. местные сорта Навруз, Ватан, Вахш, российские "Юна, Спартанка, Скифянка, украинские "Альбатрос, Фантазия, Виктория, Одесская 161 и 162, Лада поразились ею в сильной степени. Алматинская полукарликовая, Vorona, Cham, Kauz, Attila, Jager выделялись резистентностью. Султан 95, проявивший раньше к ней устойчивость, в 2000 году поразились ею на 20-50% [4]. В 2005-2008 гг. в полевых опытах отобрано 15 сортов пшеницы, в частности Igbol, Omon, Attila, Kauz, Shark, Yusufi, Sarvar, Vahdat резистентные к желтой ржавчине, или слабым уровнем поражения и высокой продуктивностью (от 3,7 до 5,2-5,6 тн/га), содержанием белка до 20,2-24,1%, значительно превосходящие местного сорта Навруз [2].

#### **Материал и методы:**

В качестве объектов исследования использовали 6 сортов мягкой пшеницы местного происхождения, и сорт Марокко " как растение " дифференциатор. У этих сортов в фазе молочно-восковой спелости изучали уровень заражаемости к грибу желтой ржавчины и фиксировали несколько зараженных листьев для микроскопического исследования. Микроскопическое исследование проводили после приготовления препарата, где готовили разбавленную суспензию спор в стерильной воде и помещали в капле воды на предметное стекло и при увеличении 22 x 100 микроскопировали.

При микроскопическом изучении признаков грибов рассматривали колонии на месте их роста и учитывали цвет, форму, консистенцию, колонии, характер роста, форму растущего края, наличие или отсутствие склероцитов, пигмента, цвет его, степень развития воздушного мицелия.

#### **Результаты исследования:**

Для изучения устойчивости пшеницы к желтой ржавчине нами были изучены 6 сортов пшеницы местной селекции. Для сравнения использовали сорт Марокко иного происхождения в качестве сорта-дифференциатора. Путем микроскопического исследования (при увеличении (22 x 100) охарактеризовали морфологические показатели спор, окраски, наружного края у каждого изученного растения. С этой целью в фазе молочной спелости фиксировали пораженные листья у изученных сортов. Следует отметить, что изученные сорта мягкой пшеницы по восприимчивости и уровню пораженности желтой ржавчиной контрастно различались (от 9 до 82%) друг от друга. По этим показателям их разделили на три группы:

Высокоустойчивые сорта (Ормон и Навруз, 11-12% поражаемости). Слабоустойчивые сорта (Сурхак и Сафедак, 82 и 32 %, соответственно).

При это у сорта-дифференциатора (сорт мягкой пшеницы Марокко) уровень поражаемости составил 23 %.

Морфологическое описание спор у изученных нами сортов мягкой пшеницы в сравнении с сортом "дифференциатором (Марокко) из другой эколого-географической зоны дает нам информацию о специфичности спор, их расы во втором центре происхождения вида мягкой пшеницы, в который входит Таджикистан. Также, можно предположить, что такой подход и морфологическое описание спор вызывает большой научный интерес, и более точно охарактеризовать экологическое состояние расообразования, выделить новые расы желтой ржавчины, способствовать созданию высокоустойчивых форм к данному патогену, а селекционерам вести более целенаправленную селекционную работу.

Как известно, возбудители ржавчинных болезней пшеницы " облигатные паразиты со сложным циклом развития, из 5 стадий или типов спороношения:

- 0" спермогонии со спермациями; 1" эции с эциоспорами;
- 2" урединии с уредоспорами; 3" телии с телиоспорами;
- 4" базидии с базидиоспорами.

При поражении пшеницы желтой ржавчиной, поражаются листья и их влагалище в виде пунктирных линий и штрихов, светло-оранжевых, лимонно-желтых пустул, состоящих из урединиоспор (рис.1).

В Центральной Азии желтая ржавчина развивается по неполному циклу, гриб перезимовывает на всходах пшеницы. За лето гриб дает несколько генераций урединиоспор, что способствует быстрому распространению инфекций. Оптимальная температура для их прорастания и развития болезни в пределах 13<sup>0</sup>-17<sup>0</sup>, при 25<sup>0</sup> и выше развитие приостанавливается. В циркуляции патогена определенную роль играют дикорастущие злаки, в частности, Эгилопс.

Полученные результаты (таб.1) по микроскопическим описаниям образцов показали, что споры у всех изученных сортов (местной селекции) имели шаровидную форму за исключением сорта Марокко, у которого споры были значительно мельче и продолговато-булавовидной формы. Данная особенность явно показывает, что «шаровидная форма» для изученных сортов местной селекции является доминирующей. При этом, основные сортовые различия обнаружены по окраске спор как сорто-специфический показатель.

Таблица 1.

### Морфогенетические особенности спор желтой ржавчины

п/п	Сорта	Форма споры	Окраска спор	Край спор	Ур.уст	
1	Марокко (дифференциатор) (2 споры)	Продолговато-булавовидная (мелкая)	Желто-бурая, а по краям темно-бурая с черным оттенком (3 мм)	гладкий	23-25	
2	Сафедак (9 спор)	Шаровидная (крупная)	Темно-бурая с черноватым оттенком, а в сере-дине " светло-желтая (2-3 мм)	гладкий	32-35	с/у
3	Сурхак (7 спор)	Шаровидная (крупная)	Желто-зеленая с рыхло смещенными частицами оранжево-бурых оттенков	Гладковато-слоистый	62-85	с/у
4	Навруз	Шаровидная (крупная)	Матово-желто-бурая	Негладкий, волнистый с шипами	12-20	У-у
5	Ормон	Ближе к шаровидной (крупная)	Темно-желтая, а по краям темно-бурая (4 мм толщиной, середина " желтая (до 12 мм толщиной)	Негладкий, волнистый с шипами	11-15	У-у
6	Садокат	Шаровидная (крупная)	Желто-оранжевая, а по краям бурая с зеленоватым оттенком (2-3 мм толщиной)	Ближе к гладко-му	9-12	в/у
7	Гибрид (эгилопс + пшеница)	Шаровидная (крупная)	Желто-оранжево-зернистая, а по краям " темно-бурая с	Ближе к гладко-му	8-12	в/у

с/у" слабоустойчивый, у/у" умеренно устойчивый, в/у" высоко устойчивый

Разнообразие окраски спор по изученным сортам следующее: желто-бурая (сорт Марокко); темно-бурая по краям, а в середине – светло-желтая (сорт Сафедак); желто-зеленая с оранжево-бурым оттенком (сорт Сурхак); желто-матово-темнобурая (сорт Навруз); темно-желтая (сорт Ормон); желто-оранжевая (сорт Садокат); и желто-оранжево-зеленая (гибрид Эгилопс + пшеница) (рис.1). При этом, у большинства изученных сортов наружный край спор был гладкий, а в двух других случаях – волнообразный с шипами (у сортов Навруз и Ормон). Отсюда можно заключить, что показатели окраски и состояние наружных краев спор для данного патогена имеют генетико-адаптационное значение и они участвуют в расообразовании для тесного сближения к определенному сорту по сохранению видового потомства и энергопотока от сорта-хозяина к патогену для их усиленного размножения и устойчивого поддержания их генетической самобытности. При этом, надо иметь в виду, что желтая ржавчина промежуточного хозяина не имеет, и отсюда у нее эцидиальная стадия отсутствует и они поражают все части растения, образуя на них лимонно-желтые пятна (пустулы) [5].

По теории П.М. Жуковского [6] устойчивые формы растений чаще возникают в ареале совместной родины патогена и растения-хозяина, там, где темпы изменчивости популяций патогена выше, чем в других регионах распространения хозяина. Также следует, что агрономически важные признаки, включая устойчивость к грибным заболеваниям, перенесены в мягкую пшеницу с помощью отдаленной гибридизации от различных видов Эгилопс. Ржавчинные грибы узкоспециализированы, отдельные виды, поражающие многие дикорастущие и культурные злаки, состоят из специализированных форм, паразитирующих на одном или нескольких видах, или родах растений. Они в свою очередь распадаются на физиологические расы или патотипы, приспособленные к определенным сортам [1]. Для более детальной (или полной) характеристики спор изученных сортов мягкой пшеницы нами использованы два подхода по определению площади каждой споры:

Путем умножения длины спор на их ширину;

Геометрическим путем – по формуле  $S = \pi r^2$  ( $S$  – площадь, число  $\pi$  (3,14)  $r$  – радиус). Результаты данных расчетов отражены в таблице 2.

Расчеты по метрическим обозначениям спор желтой ржавчины показали, что длина и ширина спор как фигуры шаровидной очень близки с незначительными коэффициентами вариаций (7,6 и 10,0 %, соответственно) по сортам местной селекции. Исключение составляет сорт-дифференциатор – Марокко (другого происхождения), где длина спор значительно превосходит их ширину (18,5 и 13,0, соответственно). По всем изученным сортам средние показатели по ширине (18,2  $\pm$  1,05) и длине (19,3  $\pm$  0,45) были близкими. При этом следует отметить, что длина спор как более стабильный признак независимо от происхождения сортов, различалась незначительно (от 18,5 до 21,0 мм). Полученные результаты (таблица 2) по расчетам определения площади спор желтой ржавчины у изученных растений показали, что если при первом подходе она равняется (по средне арифметическим) 0,160  $\pm$  0,012 мм, то по второму – немного ниже – 0,126  $\pm$  0,093 мм. При этом среднеарифметическое значение за два подхода в целом составляет 0,142  $\pm$  0,011 мм. Также следует отметить, что размах изменчивости по всем расчетам по показателю «площадь спор» были значительны и составляли 20% против 15,2% по значению ширины и 6,2 % - по длине спор. При этом, размеры площади спор желтой ржавчины у изученных сортов местной селекции были больше, чем у сорта Марокко (дифференциатора) и колебались от 0,124 до 0,178 против 0,098 у сорта Марокко, где разница у указанных сортов была в пределах 0,054 мм (по данным среднего значения за два подхода). Также следует отметить, что некоторые сорта имели одинаковую площадь спор.

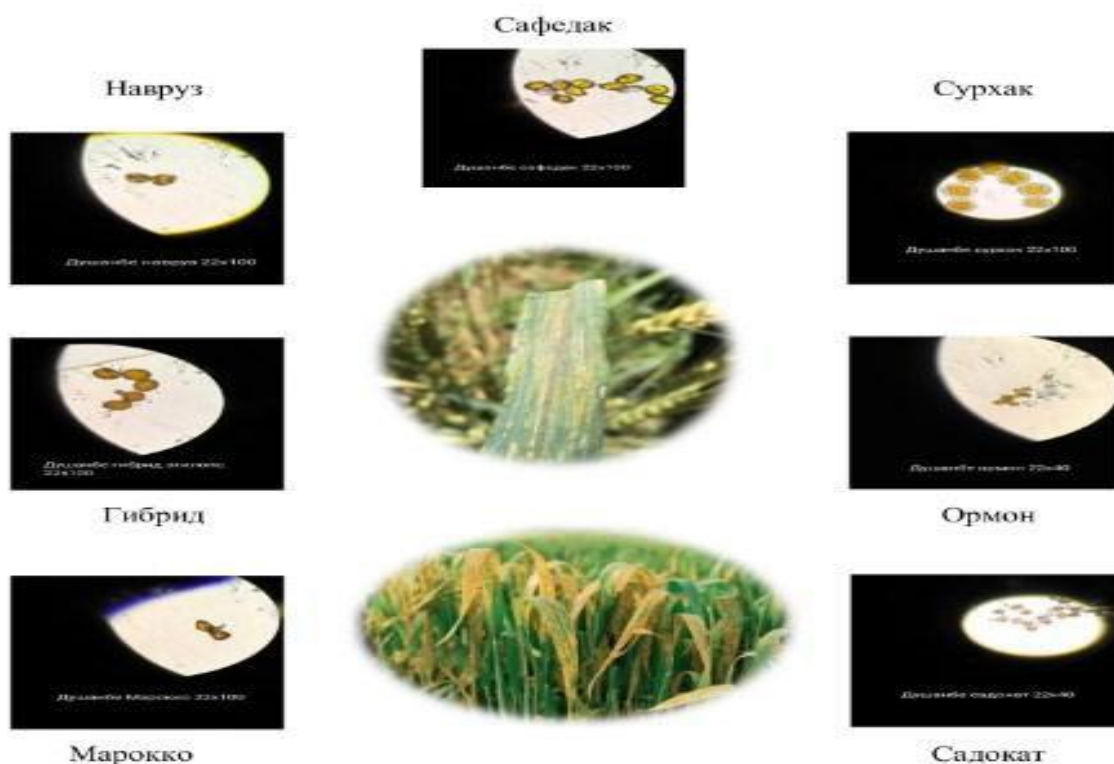


Рис. 1 – Желтая ржавчина злаков.  
Урединии на листьях пшеницы при разном увеличении.  
Микроскопирование урединиоспор у изученных сортов пшеницы.

(при ув. 22 x 100)

Например, сорт Сафедак с сортом Ормон (по 0,138 мм) и сорт Сурхак с сортом Садокат (по 0,178 мм), хотя, они по уровню устойчивости к желтой ржавчине сильно различались.

Таблица 2.

### Характеристика спор изученных сортов

№	сорта	шир	дл	d	:2200	r	r <sup>2</sup>	х п (x 3,14)	:2200	Ср. за два подх	Дл. вег. пер.
1	Марокко	13,0	18,5	240,5	0,109	7,87	62	194,7	0,088	0,098	167
2	Сафедак	18,0	19,0	342,0	0,155	9,25	85	268,7	0,122	0,138	169
3	Сурхак	21,0	21,0	441,0	0,200	10,5	110	346,2	0,157	0,178	170
4	Ормон	18,5	18,5	342,0	0,155	9,25	85	268,7	0,122	0,138	159
5	Навруз	16,6	18,5	307,1	0,139	8,77	77	241,8	0,110	0,124	165
6	Садокат	21,0	21,0	441,0	0,200	10,5	110	346,2	0,157	0,178	160
7	Гибрид	19,0	18,5	351,5	0,160	9,37	88	276,0	0,125	0,142	174

Длина вегетационного периода у изученных сортов мягкой пшеницы со дня всхода до биологического созревания составляла от 159 дней (сорт Ормон) до 174 дней (гибрид Эгиллопс + пшеница). При этом, можно считать, что сорт Ормон (159 дней) и сорт Садокат (160 дней) являются относительно скороспелыми. Эти два сорта также по уровню устойчивости к желтой ржавчине превосходили сорта Сурхак и Сафедак, которые являются слабоустойчивыми.

Таким образом, полученные результаты экспериментальных работ дают возможность определить степень поражаемости сортов грибными болезнями, охарактеризовать экологическое состояние расообразования, выделить новые расы желтой ржавчины, что будет способствовать созданию высокоустойчивых форм к данному патогену, а селекционерам вести более целенаправленную селекционную работу.

## Литература

1. Койшыбаев М., Шаманин В.П., Моргунов А.И. Скрининг пшеницы на устойчивость к основным болезням. Методические указания. ФАО-СЕК- Анкара, 2014.- 64 с.
2. Rahmatov M., Eshonova Z., Ibrogimov A., Otambekova M., Khuseinov B., Muminjanov H., et al. (2012). Monitoring and evaluation of yellow rust for breeding resistant varieties of wheat in Tajikistan, in Meeting the Challenge of Yellow Rust in Cereal Crops Proceedings of the 2nd, 3rd and 4th Regional Conferences on Yellow Rust in the Central and West Asia and North Africa (CWANA) Region, eds Yahyaoui A., Rajaram S. (Alnarp: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas).
3. Yahyaoui A., Hacim M.S., Nazari K., Toraby M. and Wellings C. R. Yellow (Stripe) rust (*Puccinia striiformis* f. sp. tritici) in Central and Western Asia Meeting the Challenge of Yellow Rust in Cereal Crops. 2012. P. 69-78.
4. Эшонова З. и соавт. Селекция и семеноводства перспективных сортов и линий пшеницы в экологических зонах Таджикистана//Материалы 1-й Центральноазиатской Конференции по пшенице. 10-13 июня 2003, Алматы, Казахстан: СИММУТ, С. 58-61.
5. Алешев, Гаплевская, Козлова. Вредители и болезни сельскохозяйственных культур Таджикистана- Душанбе: Таджикгосиздат, 1964.- 399 с.
6. Жуковский П.М. Культурные растения и их сородичи- Л.,1971.- С. 93-122

## АННОТАЦИЯ

### ХУСУСИЯТҲОИ ГЕНЕТИКӢ, КИ ТОБОВАРӢ БА ЗАНГ РОСТ АСТ

Дар мақола натиҷаҳои омӯзиши морфогенетикии навҳои ватании гандуми селекцияи маҳаллӣ дар робита ба муқовимат ба патогении занги зард оварда шудааст.

*Калимаҳои калидӣ:* зангзанӣ, поя, реша, устуворӣ.

## АННОТАЦИЯ

### ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УСТОЙЧИВОСТИ ПШЕНИЦЫ К РЖАВЧИНЕ

В статье приводятся результаты изучения морфогенетических особенностей сортов пшеницы местной селекции относительно устойчивости к возбудителю жёлтой ржавчины.

*Ключевые слова:* ржавчина, споры, расы, устойчивость.

## ANNOTATION

### GENETIC FEATURES OF WHEAT RUST RESISTANCE

The article presents the results of studying the morphogenetic characteristics of domestic wheat varieties of local selection with respect to resistance to the pathogen of yellow rust.

*Key words:* rust, spores, race, resistance.