

## УСТОЙЧИВОСТЬ ЯРОВОЙ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ К КОМПЛЕКСУ ПАТОГЕНОВ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

**П.Н. МАЛЬЧИКОВ**, доктор сельскохозяйственных наук,  
ORCID ID: 0000-0002-2141-6836

**М.Г. МЯСНИКОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
ORCID ID: 0000-0002-7224-0308

**Т.В. ЧАХЕЕВА**, младший научный сотрудник,  
ORCID ID: 0000-0002-9328-473X

САМАРСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ ФГБУН ФИЦ САМАРСКИЙ НЦ РАН

**Аннотация.** В Среднем Поволжье листовые болезни и корневые гнили твердой пшеницы в отдельные годы по своей вредоносности не уступают последствиям сильной засухи. Наиболее эффективный способ борьбы с ними – возделывание устойчивых сортов. Эффективность селекции к этим патогенам зависит от наличия в распоряжении селекционера разнообразного устойчивого исходного материала. Изучение 65 образцов коллекции сортов российской и иностранной селекции проведено в Самарском НИИСХ в 2022-2025 гг. на делянках 5,0 м<sup>2</sup>, в трех повторениях. Оценку иммунного статуса генотипов проводили по общепринятым методикам с определением типа иммунитета и степени поражения мучнистой росой и желтой ржавчиной, степени поражения пиренофорозом и корневыми гнилями. Эффекты взаимодействия генотип/патоген и стабильность устойчивости к комплексу патогенов изучены по методике А.В. Кильчевского, Л.В. Хотылевой. Для селекции на устойчивость к мучнистой росе, пиренофорозу, корневым гнилям отобрано соответственно 17, 8, 30, 22 образца. Сорта Ядрица, Безенчукская 205, Марина, Безенчукская 210, Оазис, Безенчукская крепость, Триада, Алазар, Безенчукский вариант, Безенчукская параллель, G5863 включены в рабочую коллекцию для селекции сортов с комплексной устойчивостью.

**Ключевые слова:** твердая пшеница, фузариоз, альтернариоз, стеблевая ржавчина, устойчивость, коллекция.

**Для цитирования:** Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г., Чახеева Т.В. Устойчивость яровой твёрдой пшеницы к комплексу патогенов в Среднем Поволжье. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025. № 4 (56):159-168 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-159-168

## RESISTANCE OF SPRING DURUM WHEAT TO A COMPLEX PATHOGENES IN THE MIDDLE VOLGA REGION

P.N. Malchikov, M.G. Myasnikova, N.V. Chakheeva

SAMARA RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE – A BRANCH OF THE SAMARA  
FEDERAL RESEARCH CENTRE OF THE RAS

**Abstract:** In the Middle Volga region, foliar diseases and root rots of durum wheat can sometimes be as damaging as severe drought. The most effective way to combat them is by cultivating resistant varieties. The effectiveness of breeding for these pathogens depends on the availability of a diverse and resistant source material. A study of 65 accessions from a collection of Russian and foreign varieties was conducted at the Samara Research Institute of Agriculture in 2022-2025 on 5,0 m<sup>2</sup> plots, in triplicate. The immune status of the genotypes was assessed using standard methods, determining the type of immunity and the degree of damage to powdery mildew and yellow rust, as well as the degree of damage to pyrenophorosis and root rot. The effects of

*genotype/pathogen interactions and the stability of resistance to a complex of pathogens were studied using the method of A.V. Kilchevsky and L.V. Khotyleva. Seventeen, eight, thirty, and twenty-two accessions, respectively, were selected for breeding resistance to powdery mildew, pyrenophora, and root rot. The following varieties were included in the working collection for breeding varieties with complex resistance: Yadritsa, Bezenchukskaya 205, Marina, Bezenchukskaya 210, Oasis, Bezenchukskaya Krepost, Triada, Alazar, Bezenchukskiy Variant, Bezenchukskaya Parallel, and G5863.*

**Keywords:** durum wheat, fusarium, alternaria, stem rust, resistance, collection.

### Введение

Среднее Поволжье, где производится качественное зерно твердой пшеницы, характеризуется резкоконтинентальным климатом, с частыми и вредоносными засухами, значительно снижающими урожайность и качество зерна [1,2,3]. Также к факторам, в значительной степени дестабилизирующим урожайность в регионе, относятся инфекции патогенов мучнистой росы (*Blumeria graminis* (DC) *E.O.Speerf.sp.tritici* *E.J.Marchal*), листовых пятнистостей (фузариозная – *Monographella nivalis* (Schaffinit) *E.Muller*, желтая - *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) *Drechs.*, темно-бурая - *Cocholobolus sativus* *Drechs. Ex Dastur*), корневых гнилей (*Fusarium* sp., *Dr.teres*, *Bipolaris sorokiniana*). Локальные повреждения растений в течение XX и в первом десятилетии XXI века стеблевой (*Puccinia graminis* Pers.f. *sp.tritici* *Eriks.*) и желтой ржавчиной (*Puccinia striiformis* Westend f.*sp.tritici*), в последние годы стали перерастать в эпифитотии. Потери от распространения патогенов в эпифитотийные годы от достижимой урожайности, исходя из биоклиматических и технологических ресурсов конкретного региона возделывания пшеницы, могут достигать уровня вредоносности от действия сильной засухи, т.е. составить 50,0%-80,0% [3]. Селекция устойчивых сортов осложняется разнообразием патогенных видов и быстрой сменой расового состава. В связи с этим целесообразно вести селекцию на устойчивость и слабую восприимчивость к региональным комплексам патогенов (консортные патологические системы), вредоносность которых отличается от вредоносности отдельных видов патогенов [4]. Актуальны исследования, направленные на поиск исходного материала устойчивого, или слабовосприимчивого к нескольким видам патогенов.

**Цель исследований** – провести на естественном инфекционном фоне поиск устойчивых и слабовосприимчивых образцов твердой пшеницы российской и иностранной селекции к комплексу патогенов, распространенных в Среднем Поволжье.

### Материал и методика

Работа выполнена в 2022-2025 гг. в Самарском НИИСХ – филиале СамНЦ РАН, расположенном в регионе Среднего Поволжья в центральной зоне Самарской области. Почвы опытного участка представлены черноземом обыкновенным, среднемощным, среднесуглинистым с содержанием гумуса – 4,1%, подвижного фосфора – 200 мг/кг, обменного калия – 150 мг/кг, легкогидролизуемого азота – 7,4 мг, сумма поглощенных оснований – 26,6-31,1 мг-экв. /100 г почвы, pH солевой вытяжки – 6,8-7,2. Метеорологические условия вегетации в годы изучения были контрастными. Наиболее благоприятным был 2022 год, гидротермический коэффициент за вегетацию составил 1,19 единиц и был оптимальным в течение вегетации. Экстремальные условия сложились в 2024 году, ГТК по фазам развития варьировал от 0,00 до 0,42. Условия 2023 года можно отнести к годам с близкой к среднемноголетним показателям динамикой метеорологических факторов. Благоприятным по температурному режиму в период от трубкования до полной спелости был 2025 год. Естественный инфекционный фон по годам формировался следующими патогенами: 2022 год – мучнистая роса и пиренофороз; 2023 год – мучнистая роса; 2024 год – корневые гнили (*Fusarium* sp., и *Alternaria* sp.); 2025 год – желтая ржавчина, мучнистая роса и листовые пятнистости. В 2024 году фенотипическую оценку поражения сортов корневыми гнилями проводили глазомерно по количеству погибших растений в период всходы – кущение и увядших растений в последующие периоды вегетации, общую оценку поражения выражали в процентах. Родовая принадлежность патогенов определялась на основе анализа клеточной структуры мицелия, выращенного из растительного материала, взятого из

пораженных тканей и помещенных на питательную среду. Оценка развития мучнистой росы, желтой ржавчины, пятнистостей листьев (тип иммунитета, степень поражения) проведена в фазы цветения (пятнистости, мучнистая роса) и молочной спелости (желтая ржавчина) по общепринятым методикам [5, 6, 7].

Объектами изучения были две коллекции сортов яровой твердой пшеницы. Первая сформирована из 42 образцов российской селекции, вторая состояла из 24 короткостебельных сортов иностранной селекции: 15 из Италии, 4 из Австралии, 2 из Австрии, 1 из Турции и 1 из СИММУТ. Экспериментальные делянки с учетной площадью 5,0 м<sup>2</sup>, размещали рендомизированно в трех повторениях. На опытном поле применялась зональная агротехника. Предшественник – чистый пар, предпосевная обработка почвы и посев выполнялись в оптимальные сроки. Влияние факторов генотипа, патогена и их взаимодействия на величину комплексной устойчивости определяли методом двухфакторного дисперсионного анализа. Для вычисления этих параметров оценки, иммусорта с полным иммунитетом – R, были переведены в цифровой эквивалент с минимальным значением, за которое была принята единица. Исходными данными для дисперсионного анализа были оценки степени поражения образцов. Они же были использованы для расчета параметров стабильности и селекционной ценности генотипов по А.В.Кильчевскому, Л.В.Хотылевой (1997), что позволило судить о степени комплексной устойчивости к группе патогенов. В целях упрощения интерпретации средней устойчивости к группе патогенов она была представлена обратной величиной, рассчитанной, как разница между цифрой 100 и степенью поражения листьев ( $U+V_i$ ), т.е. в цифре устойчивые сорта оценивались большей величиной. Для выделения и идентификации сортов по общей адаптивности (устойчивости), стабильности и селекционной ценности генотипов весь набор сортов был разделен на 8 групп. Это число было рассчитано путем вычисления корня квадратного из числа наблюдений. Величину интервала – верхнюю и нижнюю границы группы определяли по формуле:  $i = (X_{\max} - X_{\min}) / \text{число групп}$  [8]. По этой методике, среди изученных образцов, были отобраны из двух первых групп генотипы, сочетающие высокую общую адаптивность (устойчивость) – ( $U+V_i$ ), относительную стабильность ( $S_{gi}$ ) и селекционную ценность (СЦГ<sub>i</sub>).

### Результаты и обсуждения

Тип иммунитета и степень поражения листовой поверхности патогенами в период 2022-2025 гг., приведен в таблице 1.

Таблица 1

#### Устойчивость сортов к патогенам мучнистой росы, пиренофорозу, корневым гнилям, желтой ржавчине

| Происхождение                         | Оригинатор         | Поражение патогенами по годам |                |                    |                |                 |                    |                |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------------------|----------------|--------------------|----------------|-----------------|--------------------|----------------|
|                                       |                    | 2022                          |                | 2023               | 2024           | 2025            |                    |                |
|                                       |                    | Мучн. роса, тип. %            | Пиренофороз, % | Мучн. роса, тип. % | Корн. гнили, % | Желтая ржавчина | Мучн. роса, тип. % | Пиренофороз, % |
| Российские сорта и селекционные линии |                    |                               |                |                    |                |                 |                    |                |
| Хоросан                               | Triticum turanicum | 4/20                          | 20,0           | 4/5                | 10             | R               | 4/15               | 7,5            |
| Мелянопус 69                          | Краснокут.СС       | 4/30                          | 35,0           | 4/5                | 10             | 3               | 4/7,5              | 17,5           |
| Харьк. 46                             | УИИРСиГ            | 4/5                           | 40,0           | 4/3                | 15             | 7,5             | 4/10               | 12,5           |
| Без. 139                              | Сам. НИИСХ         | 4/10                          | 40,0           | 4/5                | 15             | 10              | 4/15               | 10             |
| Алтайская нива                        | ФГБНУ ФАНЦА        | 4/15                          | 20,0           | 4/5                | 20             | 10              | 4/7,5              | 3,5            |
| Без. 182                              | Сам. НИИСХ         | 4/5                           | 37,5           | 4/3                | 7,5            | 10              | 4/7,5              | 3              |
| Сар. золотистая                       | НИИСХ Юго-Востока  | 4/40                          | 17,5           | 4/5                | 7,5            | 30              | 4/20               | 20             |

|                     |                                    |      |      |              |      |      |        |      |
|---------------------|------------------------------------|------|------|--------------|------|------|--------|------|
| Валентина           | НИИСХ<br>Юго-Востока               | 3/5  | 27,5 | R            | 10   | 25   | R      | 20   |
| Алтайский<br>янтарь | ФГБНУ<br>ФАНЦА                     | 4/30 | 15,0 | 4/5          | 7,5  | 20   | 3/2    | 1    |
| Вольнодонская       | Ростов.<br>АНЦ                     | 4/25 | 40,0 | R            | 7,5  | 20   | 4/12,5 | 20   |
| Без.я степная       | Сам. НИИСХ                         | 4/15 | 32,5 | 4/5          | 10   | 10   | 4/20   | 1    |
| Памяти<br>Чеховича  | Сам. НИИСХ                         | 4/20 | 17,5 | 4/7,5        | 5    | 10   | 4/30   | 1    |
| Жемчужина<br>Сибири | Омский АНЦ                         | 4/10 | 25,0 | R            | 11   | 25   | R      | 10   |
| Аннушка             | НИИСХ<br>Юго-Востока               | 4/20 | 35,0 | 2-4/3        | 20   | 27,5 | 4/10   | 25   |
| Без.205             | Сам. НИИСХ                         | R    | 12,5 | R            | 10   | 20   | R      | 10   |
| Краснокутка 13      | Крас.СС                            | 4/30 | 30,0 | 4/5          | 20   | 15   | 4/20   | 10   |
| Салют Алтая         | ФГБНУ<br>ФАНЦА                     | R    | 40,0 | R            | 40   | 3    | 3/3    | 1    |
| Марина              | Сам. НИИСХ                         | 4/10 | 17,5 | 4/3          | 10   | 7,5  | 4/10   | 1    |
| Донская элегия      | Ростов<br>АНЦ                      | 4/25 | 40,0 | 2-4/3        | 25   | 6    | 4/5    | 15   |
| Николаша            | НИИСХ<br>Юго-Востока               | 3/5  | 27,5 | 4/5          | 35   | 3    | R      | 12,5 |
| Без. нива           | Сам. НИИСХ                         | 2/3  | 30,0 | 2-4/3        | 10   | 20   | 3/3    | 20   |
| Луч 25              | НИИСХ<br>Юго-Востока               | R    | 35,0 | R            | 20   | 5    | R      | 10   |
| Без.210             | Сам. НИИСХ                         | 4/15 | 17,5 | <b>4/3</b>   | 7,5  | 7,5  | 4/7,5  | 5    |
| Без. золотистая     | Сам. НИИСХ                         | 4/40 | 12,5 | 4/7,5        | 5    | 10   | 4/20   | 1    |
| Оазис               | ФГБНУ<br>ФАНЦА                     | 4/10 | 20,0 | 4/5          | 10   | 10   | 4/7,5  | 1    |
| Без. крепость       | Сам. НИИСХ                         | R    | 22,5 | R            | 7,5  | 17,5 | R      | 17,5 |
| Ясенка              | НЦ зерна им.<br>П.П.<br>Лукьяненко | 4/10 | 22,5 | 4/5          | 7,5  | 7,5  | 4/20   | 1    |
| Триада              | Сам. НИИСХ                         | R    | 20,0 | R            | 20   | 7,5  | 4/7,5  | 7,5  |
| Таганрог            | ООО<br>Агролига                    | R    | 30,0 | R            | 5    | 27,5 | R      | 10   |
| Ядрица              | НИИСХ<br>Юго-Востока               | 2/3  | 22,5 | 3/3          | 15   | R    | R      | 1    |
| Тамара              | НИИСХ<br>Юго-Востока               | 4/20 | 30,0 | 4/5          | 15   | 3    | 4/17,5 | 1    |
| Без. юбилейная      | Сам.НИИСХ                          | 4/20 | 10,0 | 4/5          | 8,5  | 5    | 4/30   | 1    |
| Без. подарок        | Сам. НИИСХ                         | 4/15 | 25,0 | 4/3          | 10   | 7,5  | 4/12,5 | 1    |
| Алазар              | Сам. НИИСХ                         | 2/3  | 17,5 | <b>2-4/3</b> | 10   | 17,5 | 3/3    | 1    |
| 1941д-19            | Сам. НИИСХ                         | 4/15 | 35,0 | 4/3          | 7,5  | 10   | 4/5    | 1    |
| 1916д-14            | Сам. НИИСХ                         | 4/10 | 22,5 | 4/7,5        | 6    | 10   | 4/20   | 1    |
| Без.вектор          | Сам. НИИСХ                         | 4/10 | 17,5 | 4/5          | 5    | 7,5  | 4/30   | 1    |
| Без. параллель      | Сам. НИИСХ                         | 4/10 | 27,5 | 4/5          | 4    | R    | 4/12,5 | 1    |
| 2034д-41            | Сам. НИИСХ                         | 4/20 | 12,5 | 4/5          | 12,5 | 3    | 4/30   | 1    |
| 2158д-4             | Сам. НИИСХ                         | R    | 20,0 | R            | 7,5  | 30   | 3/3    | 12,5 |
| 2084д-6             | Сам. НИИСХ                         | 4/5  | 20,0 | 4/5          | 5    | 12,5 | 4/10   | 1    |
| Без.210             | Сам. НИИСХ                         | 4/15 | 17,5 | 4/5          | 5    | 10   | 4/7,5  | 1    |
| 2465д-3             | Сам. НИИСХ                         | R    | 20,0 | 2/3          | 15   | 7,5  | 4/30   | 10   |
| 2442д-2             | Сам. НИИСХ                         | R    | 25,0 | R            | 8,5  | 37,5 | R      | 15   |

| Иностранные сорта               |            |         |            |         |           |        |         |          |
|---------------------------------|------------|---------|------------|---------|-----------|--------|---------|----------|
| Hyperno                         | Австралия  | R       | 40,0       | R       | 8,5       | 7,5    | R       | 12,5     |
| Tammoroi                        | Австралия  | 4/5     | 40,0       | R       | 20        | 7,5    | 4/3     | 12,5     |
| Linie 5046(Nax1)                | Австралия  | R       | 40,0       | 4/3     | 50        | 4/7,5  | 4/3     | 30       |
| Linie 53188                     | Австралия  | 4/6     | 20,0       | 4/3     | 7,5       | 7,5    | 4/30    | 10       |
| usd232N                         | Италия     | R       | 27,5       | 4/3     | 40        | R      | R       | 7,5      |
| usd142N                         | Италия     | R       | 12,5       | R       | 30        | R      | 4/5     | 5        |
| DLPM-54                         | Италия     | R       | 50,0       | 4/5     | 30        | R      | R       | 7,5      |
| PIETROFITIA                     | Италия     | R       | 60,0       | 4/5     | 30        | 10     | R       | 12,5     |
| Бурбон                          | Италия     | R       | 32,5       | 4/5     | 25        | R      | R       | 1        |
| G58272                          | Италия     | R       | 30,0       | 4/3     | 17,5      | R      | 4/3     | 1        |
| G5863                           | Италия     | R       | 20,0       | R       | 22,5      | R      | 3/5     | 1        |
| 512(италия)                     | Италия     | R       | 50,0       | 2-3/3   | 80        | R      | 4/5     | 5        |
| Без.210                         | Сам. НИИСХ | 4/10    | 15,0       | 4/3     | 7,5       | 12,5   | 4/12,5  | 12,5     |
| 513(Италия)                     | Италия     | R       | 50,0       | R       | 70        | R      | 4/5     | 10       |
| usd-63                          | Италия     | 4/5     | 12,5       | R       | 70        | R      | R       | 1        |
| 557 rissa                       | Турция     | 4/10    | 35,0       | 4/5     | 70        | R      | 4/17,5  | 1        |
| (22)canel 08                    | СИММУТ     | 4/5     | 30,0       | 4/5     | 30        | 12,5   | 4/7,5   | 40       |
| isd 19                          | Италия     | R       | 25,0       | 4/3     | 80        | 15     | 4/17,5  | 17,5     |
| isd 21                          | Италия     | 4/5     | 32,5       | 4/5     | 55        | 25     | 4/10    | 20       |
| isd 22                          | Италия     | R       | 17,5       | R       | 30        | 7,5    | R       | 7,5      |
| Achille                         | Италия     | R       | 20,0       | R       | 55        | 3      | R       | 10       |
| Дурофлаус                       | Австрия    | R       | 10,0       | 3/3     | 50        | 5      | R       | 7,5      |
| Дуромакс                        | Австрия    | R       | 10,0       | 2-3/3   | 30        | 7,5    | R       | 15       |
| Количество групп устойчивости   |            |         | 8          |         | 8         |        |         | 8        |
| Интервал между группами, %      |            |         | 7,5        |         | 7,0       |        |         | 5,0      |
| Значения образцов первой группы |            | R-2-3/5 | 10,0-17,5% | R-2-3/5 | 4,0-11,0% | R-5,0% | R-2-3/5 | 1,0-6,0% |

Стабильная в течение 3-х лет устойчивость к мучнистой росе на уровне иммунитета, реакции сверхчувствительности, или образования пустул с типом иммунности 2-3 балла, установлена для следующих сортов: Безенчукская 205, Безенчукская крепость, Безенчукская нива, Алазар, 2158Д-4, 2442Д-2, Таганрог, Луч-25, Валентина, Ядрица, Hyperno, ISD-22, Achille, G58272, G5863, Duroflaus, Duromaks.

Устойчивыми, т.е. включенными в первую из 8 групп по степени поражения пиренофорозом, за два инфекционных года были 10 сортов: Памяти Чеховича, Марина, Безенчукская 210, Алазар, Безенчукский вектор, Алтайский янтарь, USD-142N, USD-63.

По устойчивости к корневым гнилям в первой группе с поражением 4,0-11,0% идентифицировано 30 генотипов: Хоросан, Безенчукская 182, Безенчукская степная, Памяти Чеховича, Безенчукская 205, Марина, Безенчукская нива, Безенчукская 210, Безенчукская золотистая, Безенчукская крепость, Безенчукская юбилейная, Безенчукский подарок, Алазар, Безенчукский вектор, Безенчукская параллель, Безенчукский вариант, 1941Д-19, 1916Д-4, 2034Д-41, 2158Д-4, 2442Д-2, Мелянопус 69, Саратовская золотистая, Алтайский янтарь, Оазис, Вольнодонская, Ясенка, Таганрог, Hyperno, L53188.

Устойчивыми к желтой ржавчине в диапазоне от иммунитета – R до 5,0% поражения листовой поверхности с типом иммунности -2-4, были следующие сорта: Хоросан, Безенчукская юбилейная, Безенчукская параллель, 2034Д-41, Луч-25, Тамара, Николаша,

Все, вышеприведенные сорта целесообразно использовать в качестве исходного материала в соответствии с их иммунным статусом по каждому патогену в селекции твердой пшеницы в Среднем Поволжье.

Для определения в исследуемой популяции наличия генотипов устойчивых или слабовосприимчивых к нескольким патогенам, данные полевых оценок сортов по степени поражения (в %) всеми патогенами были обработаны методом двухфакторного дисперсионного анализа (табл. 2).

Таблица 2

**Результаты дисперсионного анализа комплекса сорт-патоген, 2022-2025 гг.**

| Источник варьирования            | SS      | Критерий Фишера | НСР <sub>0,5</sub> | Доля в общей дисперсии, % |
|----------------------------------|---------|-----------------|--------------------|---------------------------|
| Общее                            | 17576,1 | -               | -                  | 100,0                     |
| Сорта                            | 1600,3  | 94,1*           | 0,376              | 9,2                       |
| Патогены (инфекционные нагрузки) | 5684,7  | 3678,2*         | 0,122              | 32,3                      |
| Взаимодействие сорт-патоген      | 10143,5 | 10143,5*        | 0,996              | 57,7                      |
| Остаточное                       | 147,6   | -               | -                  | 0,8                       |

Они показывают, что эффекты всех трех компонентов варьирования (сорт, патоген, и их взаимодействие) были значимы. Доля влияния сорта составила 9,2%, это означает, что в сортовой популяции имеется значимая дифференциация генотипов по количественным оценкам устойчивости / восприимчивости к двум или более патогенам (инфекционным нагрузкам). Значительный вклад в общую дисперсию взаимодействия сорт-патоген указывает на преобладание в сортовой популяции образцов с высокой устойчивостью к одному и сильной восприимчивостью к другому патогену.

Результаты изучения параметров адаптивности комплексной устойчивости сортов, её стабильности и селекционной ценности представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Параметры адаптивности, стабильности и селекционной ценности комплексной устойчивости генотипов**

| Сорт                   | 100-(U+V <sub>i</sub> ) | $\sigma^2(G \cdot E)_{gi}$ | $\sigma CAC_i$ | $I_{gi}$ | $S_{gi}$ | СЦГ <sub>i</sub> |
|------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------|----------|----------|------------------|
| Хоросан (Камут)        | 88,8                    | 53,1                       | 6,4            | 1,3      | 7,2      | 65,4             |
| Мелянопус 69           | 84,6                    | 106,3                      | 12,1           | 0,7      | 14,3     | 40,5             |
| Харьковская 46         | 86,7                    | 30,2                       | 11,9           | 0,2      | 13,8     | 43,2             |
| Безенчукская 139       | 85,0                    | 23,8                       | 10,9           | 0,2      | 12,9     | 45,1             |
| Алтайская нива         | 88,4                    | 4,1                        | 5,8            | 0,1      | 6,5      | 67,4             |
| Безенчукская 182       | 89,5                    | 42,3                       | 11,6           | 0,3      | 13,0     | 47,13            |
| Саратовская золотистая | 80,0                    | 235,7                      | 11,6           | 1,8      | 14,5     | 37,7             |
| Валентина              | 87,2                    | 83,0                       | 10,7           | 0,7      | 12,2     | 48,3             |
| Алтайский янтарь       | 88,5                    | 147,1                      | 10,0           | 1,5      | 11,3     | 51,9             |
| Вольнодонская          | 82,0                    | 98,3                       | 12,2           | 0,7      | 14,8     | 37,6             |
| Безенчукская степная   | 86,6                    | 48,8                       | 9,8            | 0,5      | 11,3     | 50,9             |
| Памяти Чеховича        | 87,0                    | 149,3                      | 9,3            | 1,7      | 10,7     | 52,9             |
| Жемчужина Сибири       | 88,1                    | 54,5                       | 9,2            | 0,6      | 10,4     | 54,6             |

|                         |      |       |      |      |      |       |
|-------------------------|------|-------|------|------|------|-------|
| Аннушка                 | 79,9 | 50,0  | 10,1 | 0,5  | 12,7 | 43,0  |
| Безенчукская 205        | 92,1 | 56,2  | 6,3  | 1,4  | 6,8  | 69,1  |
| Краснокутка 13          | 81,4 | 44,5  | 8,7  | 0,6  | 10,7 | 49,7  |
| Салют Алтай             | 87,3 | 111,0 | 18,3 | 0,3  | 21,0 | 20,5  |
| Марина                  | 91,6 | 12,7  | 4,0  | 0,8  | 4,3  | 77,1  |
| Донская элегия          | 83,0 | 51,3  | 13,2 | 0,3  | 15,9 | 34,9  |
| Николаша                | 87,3 | 43,7  | 12,8 | 0,3  | 14,7 | 40,5  |
| Безенчукская нива       | 87,3 | 61,9  | 10,1 | 0,6  | 11,6 | 50,4  |
| Луч 25                  | 89,6 | 21,6  | 12,3 | 0,1  | 13,8 | 44,6  |
| Безенчукская 210        | 91,0 | 27,0  | 3,8  | 1,9  | 4,2  | 77,2  |
| Безенчукская золотистая | 86,3 | 253,4 | 12,5 | 1,6  | 14,5 | 40,6  |
| Оазис                   | 90,9 | 11,7  | 4,6  | 0,6  | 5,0  | 74,3  |
| Безенчукская крепость   | 90,3 | 58,2  | 8,5  | 0,8  | 9,4  | 59,2  |
| Ясенка                  | 89,5 | 47,3  | 7,0  | 1,0  | 7,8  | 64,1  |
| Триада                  | 90,8 | -5,0  | 7,0  | -0,1 | 7,7  | 65,2  |
| Таганрог                | 89,2 | 104,1 | 12,2 | 0,7  | 13,6 | 44,8  |
| Ядрица                  | 93,4 | -4,2  | 7,8  | -0,1 | 8,3  | 65,0  |
| Тамара                  | 86,9 | 44,8  | 9,9  | 0,5  | 11,4 | 50,8  |
| Безенчукская юбилейная  | 88,6 | 164,6 | 9,5  | 1,8  | 10,7 | 54,1  |
| Безенчукский подарок    | 89,4 | 22,2  | 7,2  | 0,4  | 8,0  | 63,2  |
| Алазар                  | 92,1 | 27,4  | 6,2  | 0,7  | 6,7  | 69,7  |
| 1941д-19                | 89,1 | 46,3  | 11,0 | 0,4  | 12,3 | 49,0  |
| 1916д-14                | 89,0 | 58,1  | 6,7  | 1,3  | 7,6  | 64,5  |
| Безенчукский вектор     | 89,1 | 125,2 | 9,2  | 1,5  | 10,3 | 55,6  |
| Безенчукская параллель  | 91,3 | 45,4  | 8,6  | 0,6  | 9,4  | 59,9  |
| 2034д-41                | 88,0 | 142,7 | 9,6  | 1,5  | 11,0 | 52,8  |
| 2158д-4                 | 89,3 | 109,5 | 10,3 | 1,0  | 11,6 | 51,6  |
| Безенчукский вариант    | 91,6 | 31,7  | 5,2  | 1,2  | 5,7  | 72,7  |
| Безенчукская-210        | 91,3 | 43,8  | 4,6  | 2,1  | 5,0  | 74,6  |
| 2465д-3                 | 87,6 | 86,0  | 9,5  | 1,0  | 10,8 | 53,0  |
| 2442д-2                 | 87,3 | 170,8 | 13,7 | 0,9  | 15,6 | 37,5  |
| Hyperno                 | 89,8 | 65,1  | 13,4 | 0,4  | 14,9 | 40,9  |
| Tamaroi                 | 87,3 | 31,5  | 13,1 | 0,2  | 15,0 | 39,4  |
| Linie 5046 (Nax2)       | 80,8 | 198,6 | 20,0 | 0,5  | 24,8 | 7,6   |
| Linie 53188             | 88,0 | 101,5 | 8,8  | 1,3  | 10,0 | 55,8  |
| usd232N                 | 88,4 | 80,0  | 15,3 | 0,3  | 17,3 | 32,6  |
| usd142N                 | 92,1 | 37,8  | 9,9  | 0,4  | 10,8 | 55,9  |
| DLPM-54                 | 86,4 | 126,3 | 18,7 | 0,4  | 21,7 | 18,1  |
| PIETROFITIA             | 82,9 | 187,9 | 21,1 | 0,4  | 25,4 | 6,1   |
| Бурбон                  | 90,5 | 29,7  | 12,9 | 0,2  | 14,2 | 43,5  |
| G58272                  | 91,9 | 8,2   | 10,7 | 0,1  | 11,7 | 52,8  |
| G5863                   | 92,6 | 0,4   | 8,9  | 0,0  | 9,6  | 60,2  |
| 512(№Италия)            | 79,3 | 604,4 | 31,3 | 0,6  | 39,5 | -34,9 |
| Безенчукская-210        | 89,6 | 41,7  | 1,6  | 1,5  | 1,8  | 83,6  |
| 513(№ Италия)           | 80,3 | 442,7 | 28,1 | 0,6  | 35,0 | -22,1 |
| usd 63                  | 86,9 | 452,0 | 25,2 | 0,7  | 29,0 | -5,0  |
| 557rissa                | 80,1 | 365,6 | 24,8 | 0,6  | 31,0 | -10,5 |
| (22)canel 08            | 81,4 | 130,4 | 13,9 | 0,7  | 17,1 | 30,5  |

|                       |           |           |          |     |          |            |
|-----------------------|-----------|-----------|----------|-----|----------|------------|
| ISD19                 | 77,3      | 481,4     | 26,4     | 0,7 | 34,1     | -19,0      |
| ISD 21                | 78,2      | 145,8     | 17,6     | 0,5 | 22,5     | 14,1       |
| ISD22                 | 90,6      | 25,4      | 10,2     | 0,2 | 11,3     | 53,3       |
| Аккилле               | 87,0      | 214,5     | 19,5     | 0,6 | 22,4     | 16,0       |
| Дурофлаус             | 88,9      | 193,5     | 17,1     | 0,7 | 19,2     | 26,5       |
| Дуромакс              | 90,4      | 65,6      | 9,7      | 0,7 | 10,7     | 55,1       |
| Средние               | 87,4      | 107,0     | 11,8     | 0,7 | 13,7     | 44,4       |
| Границы первой группы | >93,0     | -5,0-75,9 | 3,8-7,2  | -   | 1,8-6,8  | >71,0      |
| Границы второй группы | 89,9-92,9 | -         | 7,3-10,7 | -   | 6,9-11,9 | 56,0-70,9- |

Корреляционный анализ значений устойчивости, взаимодействия генотип/патоген, специфической адаптивности, линейности ответа генотипа на патогены, относительной стабильности и селекционной ценности генотипа, показал отсутствие значимых взаимосвязей линейности с устойчивостью, стабильностью и селекционной ценностью (табл. 3, 4).

Таблица 4

**Коэффициенты корреляции между признаками устойчивости, взаимодействия генотип среда (патоген), специфической и относительной стабильностью, линейностью ответа на патогены и селекционной ценностью генотипа по устойчивости к комплексу патогенов**

| Параметр                | 100-(U+V <sub>i</sub> ) | $\sigma^2(G*E)_{gi}$ | $\sigma CAC_i$ | $l_{gi}$ | $S_{gi}$ | СЦГ <sub>i</sub> |
|-------------------------|-------------------------|----------------------|----------------|----------|----------|------------------|
| 100-(U+V <sub>i</sub> ) | 1                       |                      |                |          |          |                  |
| $\sigma^2(G*E)_{gi}$    | -0,64**                 | 1                    |                |          |          |                  |
| $\sigma CAC_i$          | -0,67**                 | 0,84**               | 1              |          |          |                  |
| $l_{gi}$                | 0,07                    | -0,01                | -0,27          | 1        |          |                  |
| $S_{gi}$                | -0,76**                 | 0,62**               | 1,00**         | -0,25    | 1        |                  |
| СЦГ <sub>i</sub>        | 0,93**                  | -0,41*               | -0,90**        | 0,18     | -0,92**  | 1                |

\*значимо на уровне 5%, \*\*значимо на уровне 1,0%

В связи с этим параметр линейности ответа генотипа был исключен из последующего обсуждения результатов. Все остальные параметры были взаимосвязаны на 1,0 и 5,0% уровне. Взаимосвязь показывает, что поиск перспективных источников с комплексной устойчивостью к группе патогенов целесообразно проводить по сочетанию параметров максимальной выраженности средней устойчивости с максимальными значениями селекционной ценности и минимальными значениями, характеризующими взаимодействие генотип/патоген, специфической адаптивности, относительной стабильности.

При интерпретации полученных данных выделили по две (за исключением варианты взаимодействия генотип/патоген –  $\sigma^2(G*E)_{gi}$ ) наиболее устойчивые и стабильные группы сортов по каждому параметру.

В первую группу по устойчивости к комплексу патогенов (100-U+V<sub>i</sub>) с величиной >93,0 вошел только один сорт – Ядрица. Вторая группа (89,9-92,9) представлена 15 сортами: Безенчукская 205, Марина, Безенчукская 210, Оазис, Безенчукская крепость, Триада, Алазар, Безенчукский вариант, Безенчукская параллель, Дуромакс, usd142N, G58272, G5863, isd-22, Бурбон.

Параметры варианты взаимодействия генотип/патоген  $\sigma^2(G*E)_{gi}$  отличались сильной вариабельностью по сортам, поэтому здесь была выделена только одна группа сортов с низкими величинами взаимодействия (-5,0-75,9) в которую вошли 36 генотипов: Хоросан, Харьковская 46, Безенчукская 139, Алтайская нива, Безенчукская 182, Безенчукская степная, Жемчужина Сибири, Аннушка, Безенчукская 205, Крвснокутка 13, Марина, Донская элегия,



Николаша, Безенчукская нива, Луч-25, Безенчукская 210, Оазис, Безенчукская крепость, Ясенка, Триада, Ядрица, Тамара, Безенчукский подарок, Алазар, 1941Д-19, 1916Д-14, Безенчукская параллель, Безенчукский вариант, Huperno, Tamaroi, isdN142, G58272, G5863, usd22, Дуромакс.

Параметр  $\sigma\text{CАС}_i$ , характеризующий специфическую адаптивную способность, показывает степень изменчивости устойчивости сорта ко всему спектру патогенов. Он отличается от параметра  $\sigma^2(\text{G}^*\text{E})_{gi}$  тем, что при его вычислении не используются средние значения устойчивости всей популяции сортов по каждому патогену и по опыту в целом. Сорта с меньшими значениями можно отнести к генотипам с низкой вариабельностью, т.е. близким откликом на внедрение всех видов патогенов, - либо высокие устойчивость/восприимчивость, либо средний уровень поражения. В первую группу сортов с низкими значениями  $\sigma\text{CАС}_i$  включены 12 генотипов: Хоросан, Алтайская нива, Безенчукская 205, Марина, Безенчукская 210, Оазис, Ясенка, Триада, Безенчукский подарок, Алазар, 1916Д-14, Безенчукский вариант. Во вторую группу вошли 22 образца: Алтайский янтарь, Безенчукская степная, Памяти Чеховича, Жемчужина Сибири, Аннушка, Краснокутка 13, Безенчукская нива, Безенчукская крепость, Ядрица, Тмара, Безенчукская юбилейная, Безенчукский вектор, Безенчукская параллель, 2034Д-41, 2158Д-4, 2465Д-3, Line 53188, usd142N, G5863, isd-22, Дуромакс.

Относительная стабильность ( $S_{gi}$ ) характеризует соотношение между специфической адаптивностью  $\sigma\text{CАС}_i$  и средним значением признака устойчивости – параметр  $(100-U+V_i)$ . Этот показатель аналогичен коэффициенту вариации, чем ниже значение, тем выше стабильность. В первую группу включены 7 сортов: Алтайская нива, Безенчукская 205, Марина, Безенчукская 210, Оазис, Алазар, Безенчукский вариант. Вторая группа сформирована из 25 генотипов: Хоросан, Алтайский янтарь, Безенчукская степная, ПамятиЧеховича, Жемчужина Сибири, Краснокутка 13, Безенчукская нива, Безенчукская крепость, Ясенка, Триада, Ядрица, Тамара, Безенчукская юбилейная, Безенчукский подарок, 1916Д-14, Безенчукский вектор, Безенчукская параллель, 2034Д-41, 2158Д-58, 2465Д-3, Line 53188, G58272, G5863, isd-22, Дуромакс.

Селекционная ценность генотипа  $\text{СЦГ}_i$  интегральный параметр, учитывающий среднюю устойчивость, специфическую и относительную адаптивность. Очевидно, что чем выше значения устойчивости и чем меньше варiances специфической адаптивности, тем выше значения  $\text{СЦГ}_i$ . В первую группу с самой высокой  $\text{СЦГ}_i$  ( $>71,0$ ) включены 4 сорта: Безенчукская 210, Безенчукский вариант, Оазис, Марина. Вторая группа сортов объединила 12 сортов: Хоросан, Алтайская нива, Безенчукская 205, Безенчукская крепость, Ясенка, Триада, Ядрица, Безенчукский подарок, Алазар, 1916Д-14, Безенчукская параллель, G5863.

Генотипы, вошедшие в первые 2 группы по всем параметрам устойчивости и стабильности, включены в группу исходного материала с максимальной выраженностью комплексной устойчивостью к наиболее вредоносным патогенам твердой пшеницы в Среднем Поволжье. К ним относятся: Ядрица, Безенчукская 205, Марина, Безенчукская 210, Оазис, Безенчукская крепость, Триада, Алазар, Безенчукский вариант, Безенчукская параллель, G5863.

### Заключение

В качестве исходного материала в селекции твердой яровой пшеницы в Среднем Поволжье целесообразно использовать на устойчивость **к мучнистой росе сорта и линии:** Безенчукская 205, Безенчукская крепость, Безенчукская нива, Алазар, 2158Д-4, 2442Д-2, Таганрог, Луч-25, Валентина, Ядрица, Huperno, ISD-22, Achille, G58272, G5863, Duroflaus, Duromaks; **к пиренофорозу:** Памяти Чеховича, Марина, Безенчукская 210, Алазар, Безенчукский вектор, Алтайский янтарь, USD-142N, USD-63; **к корневым гнилям:** Хоросан, Безенчукская 182, Безенчукская степная, Памяти Чеховича, Безенчукская 205, Марина, Безенчукская нива, Безенчукская 210, Безенчукская золотистая, Безенчукская крепость, Безенчукская юбилейная, Безенчукский подарок, Алазар, Безенчукский вектор, Безенчукская параллель, Безенчукский вариант, 1941Д-19, 1916Д-4, 2034Д-41, 2158Д-4, 2442Д-2, Мелянопус 69, Саратовская золотистая, Алтайский янтарь, Оазис, Вольнодонская,

Ясенка, Таганрог, Нуретно, L53188; **к желтой ржавчине:** Хоросан, Безенчукская юбилейная, Безенчукская параллель, 2034Д-41, Луч-25, Тамара, Николаша, Мелянопус 69, Салют Алтая, Донская элегия, Ядрица, USD232N, USD142N, DLPM-54, G58272, G5863, 512, 513, USD 63, Achille, 557rissa, Duroflaus.

В селекции сортов с комплексной устойчивостью ко всем изученным патогенам перспективным исходным материалом являются: Ядрица, Безенчукская 205, Марина, Безенчукская 210, Оазис, Безенчукская крепость, Триада, Алазар, Безенчукский вариант, Безенчукская параллель, G5863.

### Литература

1. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы. Саратов. – 2001. – 124 с.
2. Вьюшков А.А. Селекция яровой пшеницы в Среднем Поволжье. Самара. – 2004. – 223 с.
3. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Селекция яровой твердой пшеницы в Средневолжском регионе. //Самара.: Издательство Самарского федерального исследовательского центра РАН. – 2024. – 300 с.
4. Вилкова Н.А. Иммуитет растений к вредным организмам и его биоценотическое значение в стабилизации агроэкосистем и повышении устойчивости растениеводства. // Вестник защиты растений. – 2000. – №2. – С. 3-15.
5. Кремнева О.Ю., Волкова Г.В. Диагностика и методы оценки устойчивости пшеницы к возбудителю желтой пятнистости листьев. // Методические рекомендации. Москва. – 2007. – 20 с.
6. Бабаянц Л.Т., Мештерхази А., Вехтер Ф. и др. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах – членах СЭВ. // Прага. – 1988. – 321 с.
7. Койшибаев М. Болезни пшеницы. ISBN 978-92-5-130142-5. ФАО. Анкара. – 2018. – 365 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос. – 2014. – 336 с.

### References

1. Vasil'chuk N.S. Seleksiya yarovoy tverдой pshenitsy [Breeding of spring durum wheat], 2001, Saratov, 124p. (In Russian)
2. V'yushkov A.A. Seleksiya yarovoy pshenitsy v Srednem Povolzh'ye [Breeding of spring wheat in the Middle Volga region], 2004, Samara, 223p. (In Russian)
3. Mal'chikov P.N., Myasnikova M.G. Seleksiya yarovoy tverдой pshenitsy v Srednevolzhskom regione [Breeding of spring durum wheat in the Volga region], 2024, Samara, Izdatel'stvo Samarskogo federal'nogo issledovatel'skogo tsentra RAN, 300p. (In Russian)
4. Vilkova N.A. Immunitet rasteniy k vrednym organizmam i yego biotsenoticheskoye znachenie v stabilizatsii agroekosistem i povysheniya ustoychivosti rasteniyevodstva [Immunity of plants to harmful organisms and its biocenotic significance in stabilizing agroecosystems and increasing the sustainability of crop production], Vestnik zashchity rasteniy. 2000. no.2, pp.3-15. (In Russian)
5. Kremneva O.YU., Volkova G.V. Diagnostika i metody otsenki ustoychivosti pshenitsy k vozbuditelyu zheltoy pyatnistosti list'yev [Diagnostics and methods for assessing wheat resistance to the causative agent of yellow leaf spot], 2007, Moskva, Metodicheskiye rekomendatsii, 20 p. (In Russian)
6. Babayants L.T., Meshterkhazi A., Vekhter F. i dr. Metody seleksii i otsenki ustoychivosti pshenitsy i yachmenya k boleznyam v stranakh – chlenakh SEV [Methods of breeding and evalution of wheat and barley resistance to diseases in the CMEA member countries], 1988, Praga, 321p. (In Russian)
7. Koyshibayev M. Bolezni pshenitsy [Wheat diseases], 2018, ISBN 978-92-5-130142-5. FAO, Ankara, 365 p. (In Russian)
8. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial], 2014, Moscow, Kolos Publ., 336 p. (In Russian)