

АГРОНОМИЯ

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология

Научная статья

УДК 633.14 «324»:631.524.7

doi: 10.28983/asj.y2024i12pp37-42

**Изучение сортов озимой ржи по биологическим  
и хозяйственно ценным признакам**

Даниил Александрович Жиганов<sup>1</sup>, Надежда Николаевна Нуждина<sup>1</sup>,  
Вадим Николаевич Нечаев<sup>2</sup>, Татьяна Яковлевна Ермолаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФАНЦ Юго-Востока, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup>Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова,  
г. Саратов, Россия

e-mail: zhigdnk@bk.ru

**Аннотация.** Представлены результаты изучения 15 сортов озимой ржи из мировой коллекции. В естественных условиях, за счет благоприятных для развития зимующих грибов (*Microdochium nivale* и *Sclerotinia graminearum* Elen.) метеоусловий, на инфекционном фоне проведена их оценка и выявлены устойчивые сорта. Изучены морфологические, биологические (высота растений, длина подколосового междоузлия, длина, плотность и озерненность колоса), а также хозяйственно ценные (масса и количество зерен с колоса, масса зерна с пробного снопа) показатели. Рассчитаны селекционные индексы. Выявлено, что большинство сортов по фенотипическим признакам относятся к рецессивному типу короткостебельности. Установлены сорта, устойчивые к комплексному грибковому поражению: Иммунер 76, Метелица, Ясельда, Петровна, Вырий, Саратовская 10, Arand, Warko. Для селекции по индексу урожайности представляют интерес сорта Саратовская 7, Саратовская 10, Альфа, Клич, Arand, Warko.

**Ключевые слова:** озимая рожь; селекция; устойчивость к грибковым болезням; хозяйственно ценные признаки

**Для цитирования:** Жиганов Д. А., Нуждина Н. Н., Нечаев В. Н., Ермолаева Т. Я. Изучение сортов озимой ржи по биологическим и хозяйственно ценным признакам // Аграрный научный журнал. 2024. № 12. С. 37–42. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i12pp37-42>.

AGRONOMY

Original article

**The study of winter rye varieties based on biological  
and economically valuable characteristics**

Daniil A. Zhiganov<sup>1</sup>, Nadezhda N. Nuzhdina<sup>1</sup>, Vadim N. Nechaev<sup>2</sup>, Tatyana Ya. Ermolaeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, Saratov, Russia

<sup>2</sup>Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia  
e-mail: zhigdnk@bk.ru

**Abstract.** The results of the study of 15 winter rye varieties from the world collection are presented in the article. Under natural conditions, due to favorable meteorological environments for the development of overwintering fungi *Microdochium nivale* and *Sclerotinia graminearum* Elen., the evaluation on the infectious background was carried out and resistant varieties were identified. Morphological and biological features such as plant height, peduncle length, spike length, density and number of grains per spike as well as economically valuable characters: weight and number of grains per spike, seed mass per test sheaf were studied. Breeding indices were calculated. It was revealed that the majority of varieties by phenotypic traits belong to the recessive type of shortness. Resistant varieties to complex fungal damage Immuner 76, Metelitsa, Yaselda, Petrovna, Vyrii, Saratovskaya 10, Arand and Varco were identified. Varieties Saratovskaya 7, Saratovskaya 10, Alpha, Klich, Arand, Warko are recommended for breeding on yield index.



**Keywords:** winter rye; breeding; fungi resistance; economically valuable characters

**For citation:** Zhiganov D. A., Nuzhdina N. N., Nechaev V. N., Ermolaeva T. Ya. The results of the study of winter rye varieties according to biological and economically valuable characteristics. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* = *Agrarian Scientific Journal*. 2024;(12):37–42. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i12pp37-42>.

**Введение.** Одна из задач селекции озимой ржи – предварительное изучение коллекционного материала по биологическим, хозяйственно ценным признакам, их благоприятному сочетанию с целью последующего включения в гибридизацию. Создание высокоадаптивных сортов для выращивания на различных по агрометеорологических условиях территориях страны возможно только при тщательной проработке селекционного материала. Поэтому контроль в селекционной работе осуществляется не только по урожайности, но и по степени приспособленности культуры к изменениям внешних природных и антропогенных факторов. В связи с этим ведется постоянная работа по повышению адаптивности и улучшению качественных показателей сортов и популяций озимой ржи [5].

Важным признаком, характеризующим технологичность сорта при механизированной уборке, является высота растений, обусловленная действием генов, влияющих на устойчивость к полеганию сортов озимой ржи. Снижение высоты растений у сортов с доминантно-моногенной короткостебельностью связано с сокращением длины подколосового междоузлия. У сортов, короткостебельность которых основана на действии рецессивных генов, длина подколосового междоузлия больше. Ген доминантной гиббереллин-чувствительной короткостебельности *Hl (Humilis) – Ddw1 (Dominant dwarf 1)* был впервые изучен В.Д. Кобылянским в 1972 г. у естественного мутанта *EM-1*. Этот ген локализуется на хромосоме 5R и является наиболее широко используемым в современных сортах [9].

Растительные гормоны гиббереллины регулируют рост стеблей и листьев за счет деления и растяжения клеток, а также длительность покоя семян и почек, время перехода к цветению и созреванию пыльцы [1]. Ген *Ddw1* связан с повышенной активностью гиббереллин-2 – оксидазы, участвующей в деградации активных форм гиббереллинов [10]. Также выявлен новый доминантный ген *Ddw 4* [12]. К гиббереллин-нечувствительным относят рецессивные гены  $dw_6-dw_9$ , также известен ряд рецессивных генов  $dw_1-dw_6$  и гены «*compactum*» –  $ct_1$  и  $ct_2$  [11].

Цель исследования – выявить источники хозяйственно ценных признаков с различной генетической основой короткостебельности.

**Материалы и методы.** Испытание сортов проходило в 2022–2023 гг. на опытном поле ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». Проанализировали 15 сортообразцов из России, Белоруссии, Украины. Стандартом служил сорт Саратовская 7. Исходный материал высевали на делянках длиной 2 м в двукратной повторности. Ширина междурядий – 0,15 м, норма высева – 4,0 млн всхожих семян на 1 га [3]. Дата посева – 18 августа. Учет поражения образцов комплексом зимующих грибов *Microdochium nivale* и *Sclerotinia graminearum* Elen. проводили визуально в поле на естественном инфекционном фоне, по проценту пораженных растений от общей площади делянки. Для проведения лабораторных анализов использовали отобранный пробный снопик из 25 растений.

Для повышения качества оценки сортообразцов рассчитывали следующие индексы или соотношения: финно-скандинавский (количество зерен в колосе, шт. / к длине побега, см), аттракции (масса колоса, г / к массе соломины, г), перспективности (масса 1000 зерен / к длине побега, см) и урожайности (масса зерна, г / к общей сухой биомассе растений, г) [4].

Математическую обработку результатов исследований проводили методами дисперсионного, вариационного и корреляционного анализов с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции *AGROS* (версия 2.13, 1993–2000 гг.).

**Условия проведения опытов.** Осень 2021 г. характеризовалась повышенным температурным режимом и достаточным для получения всходов и кущения количеством осадков. Особенностью зимнего периода являлось обилие осадков. Высота снежного покрова на метеостанции «Саратов Ю-В» составила на конец января 45 см (188 % нормы), на





конец февраля – 39 см (144 % нормы). Температура на глубине узла кушения составила  $-0,9...+0,1$  °С, что благоприятствовало поражению посевов зимующими грибными болезнями. Раннее наступление весны 2022 г., достаточное количество осадков и повышенная среднемесячная температура апреля способствовали отрастанию пораженных растений и повышению урожайности.

По данным ЦГМС, в 2023 г. погодные условия периода активной вегетации растений характеризовались пониженным температурным режимом и выпадением осадков во второй декаде мая и июня. ГТК составил 1,04, данные погодные условия более характерны для северной границы степной зоны. Большое количество осадков в третьей декаде июня способствовало повышению крупности зерна сортообразцов.

**Результаты исследований.** В 2022–2023 гг. полегания сортов ржи не наблюдали. Вариабельность по высоте растений составила 6,79, по длине подколосового междоузлия – 12,4. Данные признаки тесно связаны на высоком уровне значимости  $r = 0,71^{**}$ . По высоте растений и по длине подколосового междоузлия между сортами отмечали достоверные различия (таблица 1). Низкорослые сорта Эра, Вырий, Метелица, Петровна, Arand характеризовались коротким верхним междоузлем, свидетельствующим о фенотипическом подтверждении доминантной основы высоты растений. Высокорослостью отличались сорта Иммунер 76, Альфа, Верхняцкая 94. Большинство сортов по фенотипическим признакам относятся к рецессивному типу короткостебельности.

Таблица 1 – Морфологические и физиологические показатели сортов озимой ржи (2022–2023 гг.)

Table 1 – Morphological and physiological indicators of winter rye varieties (2022–2023)

Сорт	Высота растений, см	Длина подколосового междоузлия, см	Масса 5 см второго междоузлия, г	Длина колоса, см	Поражение зимующими грибами*, %
Warko	146,1	48,63	0,141	10,35	5
Эра	138,0	38,75	0,161	11,47	50
Иммунер 76	156,0	50,05	0,155	12,35	1
Верхняцкая 94	146,0	50,74	0,143	9,90	20
Вырий	122,0	35,39	0,127	10,65	1
Саратовская 7 st	133,5	42,65	0,154	9,53	20
Саратовская 10	142,3	46,76	0,147	9,43	2
Харьковская самофертильная	123,5	42,24	0,185	10,39	60
Метелица	134,5	35,43	0,136	11,18	1
Ясельда	139,5	42,50	0,122	9,15	5
Альфа	150,5	46,64	0,153	10,61	10
Zduko	143,5	47,57	0,144	9,35	15
Клич	130,8	45,72	0,125	9,44	15
Arand	134,5	39,12	0,145	10,00	2
Петровна	134,5	35,49	0,146	11,23	1
НСР <sub>0,5</sub>	14,85	5,15	NS	1,87	

\* представлены данные за 2022 г.

Для оценки сортов на устойчивость к полеганию выявляли признаки стебля, косвенно характеризующие степень развития механической и проводящей тканей. У междоузлий одного и того же яруса стеблей изучаемых сортов определяли длину и их массу, затем рассчитывали массу, приходящуюся на 5 см междоузлия [7]. Данный способ отличается высокой надежностью, коэффициент корреляции между массой отрезка и устойчивостью растений к полеганию  $r = 0,97^*$ , также он позволяет выбрать образцы, ценные по продуктивности колоса [8]. По массе 5 см второго междоузлия, отражающего прочность стебля и более высокую устойчивость к полеганию, достоверных различий не наблюдали, максимальную выраженность показателя отмечали у сортов Харьковская самофертильная, Саратовская 7, Иммунер 76, Альфа. По длине колоса (более 12 см) максимальной выраженностью признака от-



личался сорт Иммунер 76. Длинным колосом характеризовались также сорта с доминантной основой короткостебельности.

В связи с высокой инфекционной нагрузкой в зимний период 2022 г. проводили отбор проб пораженных растений. По результатам культивирования грибковой инфекции в условиях повышенной влажности на пораженных растениях удалось выявить черные склероции *Sclerotinia graminearum* Elen. и белые гифы *Microdochium nivale*. Поражение привело к отмиранию части листьев, отдельных стеблей, растений в результате действия токсинов патогенов. Поэтому ранней весной, после схода снега, проводили визуальную оценку и учет по каждому из сортов пораженной зимующими грибами площади от общей площади делянки [2]. Высокой устойчивостью (площадь заражения низкая) к комплексной грибной инфекции *Microdochium nivale* и *Sclerotinia graminearum* Elen. характеризовались такие сорта, как Иммунер 76, Вырий, Саратовская 10, Метелица, Arand, Петровна.

Важными элементами продуктивности сорта являются масса колоса с зерном, масса зерна с колоса, количество зерен с колоса, масса 1000 зерен, а также биологические характеристики. По массе зерна с колоса среди инорайонных сортов были выделены следующие: Харьковская самофертильная, Альфа, Warko, Эра; по количеству зерен с колоса – Warko, Эра, Arand, Петровна, Клич, Саратовская 10. Максимальные значения по массе 1000 зерен отмечали у сортов Саратовская 7 и Харьковская самофертильная. По плотности колоса Arand и Клич показали самые высокие значения – 3,80 и 3,75 % соответственно. Озерненность колоса у большинства сортов была более 80 %, что свидетельствует о благоприятных погодных условиях при опылении. Высокую пылецевую активность отмечали у сортов Саратовская 10, Zduko и Саратовская 7. Наибольшую общую массу зерна с пробного снопа в среднем за 2022 и 2023 гг. показали сорта Саратовская 7, Альфа (таблица 2).

Таблица 2 – Хозяйственно-биологические признаки (2022–2023 гг.)

Table 2 – Economic and biological characteristics (2022–2023)

Сорт	Масса колоса с зерном, г	Масса стебля, г	Масса зерна с главного колоса, г	Количество зерен с колоса, шт.	Масса 1000 зерен, г	Плотность колоса, %	Озерненность колоса, %	Масса зерна с пробного снопа
Warko	2,32	2,62	2,12	60,7	33,95	3,71	83,03	46,40
Эра	2,66	2,66	2,05	59,2	34,43	3,63	84,04	51,15
Иммунер 76	2,34	2,95	1,77	54,3	32,55	3,34	77,44	44,18
Верхняческая 94	2,43	2,59	1,91	52,3	36,50	3,61	83,48	47,69
Вырий	1,77	2,39	1,12	29,6	38,45	3,39	82,92	33,17
Саратовская 7 st	3,11	2,87	2,31	53,6	43,18	3,61	87,94	58,56
Саратовская 10	2,46	2,67	2,14	56,9	37,63	3,70	89,20	50,55
Харьковская самофертильная	2,91	2,83	2,26	49,6	45,40	3,49	85,36	51,35
Метелица	2,01	2,31	1,46	52,4	28,10	3,67	82,31	36,50
Ясельда	2,06	2,29	1,57	37,8	39,55	3,50	77,50	40,36
Альфа	2,9	2,93	2,18	55,7	39,00	3,71	87,19	58,10
Zduko	2,45	2,53	1,92	53,5	35,88	3,71	87,86	48,00
Клич	2,28	2,14	1,94	54,7	35,35	3,80	81,91	39,82
Arand	2,37	2,54	1,89	55,8	33,80	3,75	82,72	47,30
Петровна	2,11	2,35	1,66	56,4	29,45	3,70	82,54	41,95
НСР <sub>0,5</sub>	0,52	0,91	0,48	15,2	6,45	0,26	11,03	8,89

Рассматривая важные селекционные признаки и их выраженность, необходимо учитывать отношения между ними. В таблице 3 дается целостное представление о сорте и перспективе его применения. По финно-скандинавскому индексу наиболее высокие значения



у сортов Эра и Петровна. Высокий уровень аттракции, перераспределения пластических веществ из вегетативных органов в генеративные, отмечали у стандарта Саратовская 7 и у сорта Клич. У всех изученных сортов индекс достаточно высок и приближается к 1. По индексу перспективности выделились Харьковская самофертильная (0,401) и Саратовская 7 (0,348). По индексу урожайности самых высоких результатов достигали сорт-стандарт Саратовская 7 и новый сорт Саратовская 10, так как они лучше адаптированы к условиям региона. Обоснованность использования селекционных индексов заключается в том, чтобы лимитировать конкурентные составляющие изменения признаков. Отбираемые признаки должны быть связаны непосредственно со статистическими данными. Это связано с тем, что признаки, определяющие продуктивность, являются динамичными и в связи с этим трудно контролируемые [6].

Таблица 3 – Результаты расчета селекционных индексов

Table 3 – The results of the calculation of breeding indices

Сорт	Финно-скандинавский индекс	Индекс аттракции	Индекс перспективности	Индекс урожайности
Warko	0,396	0,885	0,250	0,594
Эра	0,468	1,000	0,272	0,599
Иммунер 76	0,378	0,793	0,227	0,523
Верхняяческая 94	0,384	0,938	0,268	0,616
Вырий	0,266	0,742	0,292	0,388
Саратовская 7 st	0,432	1,084	0,348	0,742
Саратовская 10	0,428	0,921	0,283	0,697
Харьковская самофертильная	0,420	1,030	0,401	0,639
Метелица	0,425	0,870	0,228	0,524
Ясельда	0,290	0,899	0,303	0,534
Альфа	0,398	0,988	0,279	0,688
Zduko	0,399	0,970	0,267	0,618
Клич	0,451	1,065	0,291	0,691
Arand	0,448	0,933	0,271	0,628
Петровна	0,458	0,898	0,239	0,592

**Заключение.** Анализ 15 изучаемых сортов озимой ржи показал большое генетическое разнообразие по биологическим, морфологическим и хозяйственно ценным признакам. Источниками для создания сортов, толерантных к поражению зимующими грибами, могут быть Иммунер 76, Метелица, Петровна, Arand, Warko, Ясельда, Саратовская 10. По сочетанию хозяйственно ценных признаков интерес представляют следующие сорта:

- низкорослость / высокое количество зерен в колосе – Петровна, Эра, Клич;
- высокая масса колоса / масса соломины – Харьковская самофертильная, Саратовская 7, Альфа, Саратовская 10, Zduko, Arand, Верхняяческая 94, Эра;
- крупность зерна / низкорослость – Саратовская 7, Харьковская самофертильная;
- урожай зерна / общая сухая биомасса – Саратовская 7, Саратовская 10, Альфа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов М. С., Черноок А. Г., Дивашук М. Г. Молекулярный анализ генов сигнального пути гиббереллинов у ржи посевной (*Secale cereale* L.) // Вестник Московского университета. Сер. 16. Биология. 2020. Т. 75. № 3. С. 153–157.
2. Гешеле Э. Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1978. 206 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 350 с. ISBN 978-5-903034-96-3. EDN QLCQEP.
4. Кочерина Н. В. Алгоритмы эколого-генетического улучшения продуктивности растений: дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2009. 130 с.
5. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н. Научные основы селекции озимой ржи. Казань: ФЭН, 2019. С. 6–9.

6. Тороп А. А., Чайкин В. В., Тороп Е. А. Селекция озимой ржи в Центрально-Черноземном регионе России на повышение урожайности и адаптивности. Воронеж: Истоки, 2023. 440 с. ISBN 978-5-4473-0374-7. EDN LMZDFM.

7. Тороп Е. А., Чайкин В. В., Тороп А. А. Способ оценки селекционного материала озимой ржи на устойчивость к полеганию // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2011. № 3(22). С. 14–16. EDN NTBXYX.

8. Чайкин В. В. Селекция озимой ржи в условиях Центрально-Черноземного региона на урожайность и адаптивность: дис. ... д-ра с.-х. наук. Каменная Степь, 2019. 379 с.

9. Gene expression profiling and fine mapping identifies a gibberellin 2 – oxidase gene co-segregating with the dominant dwarfing gene Ddw1 in rye *Secale cereale* L.) / E. M. Braun, N. Tsvetkova, B. Rotter, D. Siekmann, K. Schwefel, N. Krezdorn, J. Plieske, P. Winter, G. Melz, A. V. Voylocov, B. Hackauf // *Front. Plant sci. Frontiers*. 2019. Vol. 10. 857 p.

10. Identification and mapping of a new recessive dwarfing gene dw9 on the GRL rye chromosome and its phenotypic effects / A. Cradzielewska, P. Milezarsk, K. Molik, E. Pawlowska // *PLOS ONE*. 2020. Vol. 15. No. 3. P. 0229564.

11. Identification of a novel, dominant dwarfing gene (Ddw4) and its effect on morphological traits of rye / Z. Kantarek, P. Masojc, S. A. Bienia, P. Milczarski // *PLOS ONE*. 2018. Vol. 13. No. 6. P. 0199335.

12. The relationships between the dwarfing genes of wheat and rye / A. Bo“mer, J. Plaschke, V. Korzun, A. J. Worland // *Euphytica*. 1996. Vol. 89. No. 1. P. 69–75.

## REFERENCES

1. Bazhenov M. S., Chernook A. G., Divashuk M. G. Molecular analysis of genes of the gibberellin signaling pathway in rye (*Secale cereale* L.). *Bulletin of the Moscow University. Ser. 16. Biology*. 2020;75(3):153–157. (In Russ.).

2. Geschele E. E. Fundamentals of phytopathological assessment in plant breeding. 2nd ed., reprint. and additional. Moscow: Kolos; 1978. 206 p. (in Rus)

3. Dospikhov B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alliance; 2011. 350 p. (In Russ.). ISBN 978-5-903034-96-3. EDN QLCQEP.

4. Kocherina N. V. Algorithms for ecological and genetic improvement of plant productivity: dis. ... cand. Biol. Sciences. St. Petersburg; 2009. 130 p. (In Russ.).

5. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N. Scientific foundations of winter rye breeding. Kazan: FENG; 2019. P. 6–9. (In Russ.).

6. Тороп А. А., Чайкин В. В., Тороп Е. А. Breeding of winter rye in the Central Chernozem region of Russia to increase productivity and adaptability. Воронеж: Istoki; 2023. 440 p. (In Russ.). ISBN 978-5-4473-0374-7. EDN LMZDFM.

7. Тороп Е. А., Чайкин В. В., Тороп А. А. A method for evaluating the breeding material of winter rye for lodging resistance. *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 2011;3(22):14–16. (In Russ.). EDN NTBXYX.

8. Chaikin V. V. Selection of winter rye for yield and adaptability in the conditions of the Central Chernozem region: dis. ... Doctor of Agricultural Sciences. Kamennaya Steppe; 2019. 379 p. (In Russ.).

9. Gene expression profiling and fine mapping identifies a gibberellin 2 – oxidase gene co-segregating with the dominant dwarfing gene Ddw1 in rye *Secale cereale* L.) / E. M. Braun, N. Tsvetkova, B. Rotter, D. Siekmann, K. Schwefel, N. Krezdorn, J. Plieske, P. Winter, G. Melz, A. V. Voylocov, B. Hackauf. *Front. Plant Sci. Frontiers*. 2019;10:857.

10. Identification and mapping of a new recessive dwarfing gene dw9 on the GRL rye chromosome and its phenotypic effects / A. Cradzielewska, P. Milezarsk, K. Molik, E. Pawlowska. *PLOS ONE*. 2020;15(3):0229564.

11. Identification of a novel, dominant dwarfing gene (Ddw4) and its effect on morphological traits of rye / Z. Kantarek, P. Masojc, S. A. Bienia, P. Milczarski. *PLOS ONE*. 2018;13(6):0199335.

12. The relationships between the dwarfing genes of wheat and rye / A. Bo“mer, J. Plaschke, V. Korzun, A. J. Worland. *Euphytica*. 1996;89(1):69–75.

*Статья поступила в редакцию 17.07.2024; одобрена после рецензирования 11.09.2024; принята к публикации 17.09.2024.  
The article was submitted 17.07.2024; approved after reviewing 11.09.2024; accepted for publication 17.09.2024.*

