

АГРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ РЖИ

Е.С. Парфенова, кандидат сельскохозяйственных наук

М.Г. Шамова, кандидат сельскохозяйственных наук

М.Н. Жукова, младший научный сотрудник

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока

им. Н.В. Рудницкого, Киров, Россия

E-mail: elka1745@yandex.ru

Ключевые слова: озимая рожь, селекция, источники признаков, зимостойкость, урожайность, структура урожая.

Реферат. Приведены результаты изучения коллекционных образцов озимой ржи по урожайности и хозяйственно-биологическим признакам в условиях Кировской области. Полевые исследования проведены в 2021–2022 гг. на опытном поле Федерального аграрного научного центра Северо-Востока (г. Киров). Цель работы состояла в выявлении источников ценных признаков для селекции озимой ржи в условиях Кировской области. Погодные условия способствовали проявлению адаптивного потенциала образцов. Условия периода перезимовки были на уровне климатической нормы. Засуха в мае 2021 г. (гидротермический коэффициент 0,8) была причиной ухудшения показателей колоса. Более благоприятные условия увлажнения весенне-летней вегетации отмечены в 2022 г. (гидротермический коэффициент мая–июля 1,2–2,5). В результате изучения выявлены наиболее приспособленные образцы К-10474 Edelhofer New, К-10394 Otello, Снежана 2 242/15, К-10028 Низкостебельная с показателями густоты продуктивного стеблестоя более 200 шт/м² и урожайностью 168–180 г/м². Выявлены источники высокой озерненности (52–56 шт.) и продуктивности колоса (1,75–1,86 г) – Снежана 2 242/15, К-11821 Донская, К-11823 Ника 3; количества колосков в колосе (33 шт.) – К-11515 Паллада, К-11649 УН 14; массы 1000 зерен – К-11693 Warko (33,6 г). Для селекции на устойчивость к полеганию перспективными являются образцы К-11674 Таловская 2, К-11635 Polko, К-11649 УН 14, донор доминантной моногенной короткостебельности К-10028 Низкостебельная, доноры рецессивной полигенной короткостебельности К-10149 Carstens, К-10229 Danae. С целью увеличения генетического разнообразия селекционного материала озимой ржи в условиях Кировской области выделены образцы К-10394 Otello (Швеция), К-10474 Edelhofer New (Австрия), К-11410 SCW 1662 (Германия), К-11693 Warko (Польша), Снежана 2 242/15 (Россия), К-11821 Донская (Россия), К-11823 Ника 3 (Россия), К-10028 Низкостебельная (Болгария), К-11515 Паллада (Украина), предлагаемые для скрещивания с местными сортами.

AGROBIOLOGICAL STUDY OF THE COLLECTION OF WINTER RYE

E.S. Parfenova, PhD in Agricultural Sciences

M.G. Shamova, PhD in Agricultural Sciences

M.N. Zhukova, Junior Researcher

Federal Agricultural Research Center of the North-East

named after N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

E-mail: elka1745@yandex.ru

Keywords: winter rye, breeding, trait sources, winter hardiness, yield, crop structure.

Abstract. The paper presents the results of studying collection samples of winter rye for yield and agrobiological traits in the Kirov Region. The authors conducted the field research in 2021–2022 at the experimental field of the Federal Agricultural Research Center of the Northeast (Kirov City). The study aimed to identify sources of valuable traits for breeding winter rye in the Kirov Region. Weather conditions contributed to the manifestation of the adaptive potential of the samples. Overwintering conditions were at the climatic norm level. Drought in May 2021 (hydrothermal coefficient 0.8) led to a deterioration of spike indicators. More favourable moisture conditions during the spring-summer vegetation were observed in 2022 (hydrothermal coefficient for May–July 1.2–2.5). As a result of the study, the most adapted samples were identified: K-10474 Edelhofer New, K-10394 Otello, Snow 2 242/15, K-10028 Low-stemmed, with productive stem density of more than 200 pcs/m² and yields of

168–180 g/m². Sources of high earliness (52–56 pcs.) and spike productivity (1.75–1.86 g) were identified, such as Snow 2 242/15, K-11821 Donskaya, K-11823 Nika 3; spikelet quantity per spike (33 pcs.) – K-11515 Pallada, K-11649 UH 14; 1000 grain weight – K-11693 Warko (33.6 g). For selection for lodging resistance, promising samples are K-11674 Talovskaya 2, K-11635 Polko, K-11649 UH 14, donors of dominant monogenic short stem K-10028 Low-stemmed, donors of recessive polygenic short stem K-10149 Carstens, K-10229 Danae. To increase the genetic diversity of breeding material of winter rye in the Kirov Region, samples K-10394 Otello (Sweden), K-10474 Edelhofer New (Austria), K-11410 SCW 1662 (Germany), K-11693 Warko (Poland), Snow 2 242/15 (Russia), K-11821 Donskaya (Russia), K-11823 Nika 3 (Russia), K-10028 Low-stemmed (Bulgaria), K-11515 Pallada (Ukraine) are proposed for crossing with local varieties.

Высокие адаптационные возможности делают озимую рожь (*Secale cereale* L. var. *vulgare* Koern.) важной культурой в решении вопросов продовольственной безопасности России в современных условиях изменяющегося климата. Направления селекции определяются требованиями сельского хозяйства и почвенно-климатическими особенностями региона возделывания. Основными задачами селекции озимой ржи являются повышение урожайности, устойчивости к полеганию и неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам, улучшение качества зерна [1–3]. Несмотря на определенные успехи, в селекции ржи остаются нерешенными проблемы дальнейшего увеличения генетического потенциала признаков продуктивности, устойчивости к полеганию, зимостойкости [4–6]. При этом необходимо сохранять высокий уровень адаптивности создаваемых сортов. Высокая стрессоустойчивость озимой ржи и значительный диапазон ее адаптации [7–9] должны способствовать реализации потенциальной продуктивности этой культуры [10, 4].

Расширение генетического разнообразия исходного материала повышает адаптивные возможности будущего сорта [11]. Коллекция озимой ржи Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР) имеет большой потенциал для использования в селекции на повышение продуктивности, зимостойкости, устойчивости к полеганию, биотическим и абиотическим стрессам, качества зерна [12]. Изучение исходного материала из коллекции ВИР в годы с различными метеоусловиями дает представление о норме реакции и потенциале хозяйственно-биологических признаков образцов. Практический интерес представляют генотипы, сочетающие высокую урожайность с комплексом хозяйственно-ценных признаков (зимостойкость, устойчивость к полеганию, высокий уровень элементов структуры урожая). Генотипы с высокими значениями отдельных признаков могут быть использованы в селекционном процессе в качестве их источников.

Коллекция ВИР является важным ресурсом исходного материала для селекции озимой ржи в ФАНЦ Северо-Востока. В условиях Кировской области основным фактором, лимитирующим урожайность озимой ржи, является зимостойкость, которая в большой степени определяется способностью сортов к отращиванию после поражения снежной плесенью (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels et Hallett), ежегодно отмечаемой на посевах озимых культур [13]. Поэтому исходный материал должен быть высокозимостойким (не ниже уровня стандарта) и адаптивным. Прогресс в селекции ржи зависит от достаточного генетического разнообразия исходного материала, поэтому вопрос поиска новых исходных форм для селекции урожайных и зимостойких сортов озимой ржи, адаптированных к местным условиям, остается актуальным.

Цель исследований – выявить источники селекционно-ценных признаков для создания высокоурожайных зимостойких сортов озимой ржи в условиях Кировской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проведены в 2021–2022 гг. в коллекционном питомнике на опытном поле ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров). Изучено 26 коллекционных образцов, полученных из Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (г. Санкт-Петербург).

Опытный участок расположен в центральной агроклиматической зоне Кировской области с достаточной для выращивания озимой ржи обеспеченностью влагой и теплом (сумма осадков в среднем за год составляет 500–680 мм, сумма среднесуточных температур выше 10°C – 1700–1900°C). Рельеф опытного участка равнинный, почва дерново-подзолистая, тяжелосуглинистая, pH_{col} 4,0, содержание гумуса составляет 1,37 %, фосфора – 190 мг/100 г почвы, калия – 221 мг/100 г почвы. Агротехника опытов – общепринятая для

Кировской области. Весной после схода снега проведена подкормка аммиачной селитрой (N_{30}). Питомник заложен в двухкратной повторности, площадь делянки 1 м^2 . Посев проведен вручную, норма высева 120 зерен на 1 м^2 .

Проведена оценка образцов по зимостойкости, урожайности, устойчивости к полеганию, густоте продуктивного стеблестоя на 1 м^2 , признакам колоса согласно «Методическим указаниям по изучению мировой коллекции ржи» (1973), «Международному классификатору СЭВ рода *Secale L.*» (1984). Образцы сравнивали со стандартом Фаленская 4. Статистическая

обработка данных проведена методом однофакторного дисперсионного анализа; связи между признаками устанавливали по парному коэффициенту корреляции Пирсона (r), фенотипическую изменчивость – по коэффициенту вариации (C_v , %). Кластерный анализ проведен с применением пакета статистических программ STADIA (версия 8.0) по методу Уорда с использованием нормированной евклидовой метрики.

В годы проведения исследований наблюдали неустойчивую погоду с контрастным гидротермическим режимом (табл. 1).

Таблица 1

Метеорологические условия в период осенней и весенне-летней вегетации
(данные метеостанции г. Киров)
Meteorological conditions during the autumn and spring-summer vegetation
periods (data from Kirov city weather station)

Показатель	Сентябрь		Апрель		Май		Июнь		Июль	
	2020	2021	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Среднемесячная температура воздуха, °C	10,6	7,3	5,2	4,0	15,0	8,5	19,9	16,1	19,2	20,0
± к норме	0,9	-2,9	1,0	-0,1	3,1	-3,4	3,5	-0,3	0,3	1,1
Сумма осадков, мм	49	79	48	63	58	53	63	118	92	130
% от нормы	74	140	124	161	107	99	78	145	113	159
ГТК	1,2	6,2	-	-	0,8	1,2	1,1	2,5	1,6	2,1

Источник данных: <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=27199>

Озимая рожь в начальный период роста и развития особенно нуждается в оптимальном гидротермическом режиме [14]. Известно, что на полевую всхожесть озимых культур негативно влияет как переувлажнение, так и пересыхание верхнего слоя почвы [15]. В нашем опыте в сентябре 2020 и 2021 гг. сложились неблагоприятные условия для всходов и осеннего кущения. Гидротермический коэффициент (ГТК) в этот период составил 1,2 и 6,2, что характеризует условия как недостаточно и избыточно увлажненные соответственно. В таких условиях прорастание семян затянулось и всходы были крайне недружными, что привело к снижению полевой всхожести и отрицательно повлияло на густоту стеблестоя.

Условия зимовки (с ноября по середину апреля) в 2021 и 2022 гг. в целом соответствовали климатической норме. Высокий снеговой покров и нестабильный температурный режим зимнего периода ежегодно провоцировали гибель растений от выпревания.

Погодные условия в период возобновления вегетации (25–30 апреля) были удовлетворительными. Весеннее кущение и стеблевание, когда у ржи наступает критический период водопотребления, проходили при дефиците увлажнения, особенно в 2021 г. В мае 2022 г. из-за недостатка тепла развитие растений замедлилось, что привело к увеличению средней продолжительности периода «посев – колошение» по сравнению с 2021 г. на 9 дней.

Колошение и цветение в июне проходили в неблагоприятных условиях, особенно в 2021 г., когда дефицит влаги и высокая температура воздуха стали причиной увеличения периода колошения, сокращения фазы цветения и повышения череззерницы. Фаза налива и созревания зерна в июле проходила в условиях избыточного увлажнения. В целом погодные условия способствовали проявлению адаптивного потенциала образцов. Более благоприятные погодные условия весенне-летней вегетации отмечены в 2022 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В среднем за два года изучения все опытные образцы уступали стандарту по урожайности и густоте продуктивного стеблестоя (табл. 2).

Таблица 2

Агробιοлогическая характеристика коллекционных образцов (среднее за 2021–2022 гг.)
Agrobiological characteristics of collection samples (average for 2021–2022)

Номер по каталогу ВИР	Наименование	Происхождение	Урожайность, г/м ²	Густота продуктивного стеблестоя, шт/м ²	Зимостойкость, баллов	Высота растений, см	Устойчивость к полеганию, баллов
1	2	3	4	5	6	7	8
11449	Фаленская 4 (стандарт)	Россия	413	403	7	111	7
-	Снежана 2 242/15		171	207	6	113	6
11674	Таловская 2		64	94	6	84	8
-	Енрушсиб 77-8/14		43	86	4	98	6
11821	Донская		109	130	7	104	6
11823	Ника 3		96	114	7	101	7
10028	Низкостебельная	Болгария	168	255	7	99	7
11636	Kisvardai Legelo	Венгрия	34	75	5	115	5
11515	Паллада	Украина	121	128	6	108	5
11635	Polko	ЮАР	78	94	4	85	8
11692	Кауро	Латвия	40	61	7	91	7
11559	Нару 4	Япония	70	142	6	127	6
11529	Эльви	Эстония	139	193	7	108	5
11597	Folud	США	4	87	5	113	7
10394	Otello	Швеция	176	229	6	124	5
10474	Edelhofer New	Австрия	180	235	7	140	4
10149	Carstens	Германия	42	101	7	100	5
10229	Danae		23	54	5	126	5
10490	Carokurz		48	90	3	110	5
11410	SCW 1662		180	155	5	111	7
11446	Borellus		83	145	5	118	5
11650	Weidmannsdank		37	56	5	104	7
11649	UH 14	Чехия	64	120	7	99	8

1	2	3	4	5	6	7	8
11648	Wibro	Польша	66	120	7	124	5
11522	Pastewne Zielone		15	52	3	129	6
11693	Warko		143	146	4	112	7
11623	SMH 183		47	78	6	96	6
Среднее по опыту			98	135	6	109	6
НСР ₀₅			111	131	ns	29	ns
Cv, %			85	58	23	12	18

Примечание. Здесь и далее: ns – различия статистически незначимы.

Note. Here and below: ns – differences are statistically insignificant.

Густота продуктивного стеблестоя является одним из ключевых элементов в структуре урожая озимой ржи. Известно, что высокая густота продуктивного стеблестоя к уборке сохраняется у тех популяций ржи, растения в которых обладают одинаково высокой взаимной конкурентной способностью [14]. В нашем опыте у коллекционных образцов наблюдали снижение густоты стояния растений и, следовательно, густоты продуктивного стеблестоя, по причине неблагоприятных погодных условий в период всходов и осеннего кушения в сентябре. Снижение густоты продуктивного стеблестоя негативно повлияло на урожайность ($r = 0,93$, значимо на 1%-м уровне). Показатели густоты продуктивного стеблестоя и урожайности сильно варьировали. В данном случае сложно объективно оценивать потенциал продуктивности образцов, возможна лишь сравнительная оценка. Выделены образцы К-10028 Низкостебельная, К-10474 Edelhofer New, К-10394 Otello, Снежана 2 242/15 с показателем более 200 продуктивных стеблей на 1 м². Наибольшей урожайностью (121–180 г/м²) характеризовались образцы К-10474 Edelhofer New, К-11410 SCW 1662, К-10394 Otello, Снежана 2 242/15, К-10028 Низкостебельная, К-11693 Warko, К-11529 Эльви, К-11515 Паллада.

Густота продуктивного стеблестоя коллекционных образцов формировалась, в том числе, за счет зимостойкости ($r = 0,47$, значимо на 5 %-ном уровне). Зимостойкость образцов в среднем по опыту составила 6 баллов, что соответствует градации выше среднего, т. е. большинство образцов показали хорошую устойчивость к неблагоприятным факторам зимнего периода в условиях Кировской области. Высокая зимостойкость (7 баллов) от-

мечена у образцов К-11821 Донская, К-11823 Ника 3, К-10028 Низкостебельная, К-11692 Кауро, К-11529 Эльви, К-10474 Edelhofer New, К-10149 Carstens, К-11649 УН 14, К-11648 Wibro, однако отличия от стандарта статистически незначимы.

Важным для селекции морфологическим признаком озимой ржи является высота растений, которая в определенной степени влияет на устойчивость к полеганию [16]. В нашем опыте установлена статистически значимая корреляция между высотой растений и устойчивостью к полеганию ($r = -0,64$). По высоте растений большинство образцов (13 шт.) отнесены к полукороткостебельным. Образцы-доноры короткостебельности К-10149 Carstens и К-10229 Danae, К-10028 Низкостебельная отнесены соответственно к короткостебельной и полукороткостебельной группам. Данные доноры имеют особую ценность для селекции ржи на снижение высоты растений и повышение устойчивости к полеганию по причине известного генетического контроля длины стебля (К-10149 Carstens, К-10229 Danae – полигенный рецессивный контроль, К-10028 Низкостебельная – моногенный доминантный контроль) [17]. Низкие показатели высоты растений обусловили достаточно хорошую устойчивость к полеганию в питомнике. Устойчивость к полеганию в среднем по опыту составила 6 баллов, что соответствует градации выше средней. В качестве источников устойчивости к полеганию по абсолютному значению признака (8 баллов) выделены образцы К-11674 Таловская 2, К-11635 Polko, К-11649 УН 14.

Признаки колоса и масса 1000 зерен являются важными элементами в структуре урожая озимой ржи. Отмечено, что величина признаков колоса (длина, количество колосков и зерен, масса зерна) у коллекционных образцов

была выше в условиях лучшей влагообеспеченности периода стеблевания–колошения в 2022 г., масса 1000 зерен была выше при недостатке осадков в период колошения–цветения в 2021

г. В среднем за период изучения образцы достоверно различались по величине элементов структуры урожая, за исключением массы 1000 зерен (табл. 3).

Таблица 3

Признаки колоса коллекционных образцов (среднее за 2021–2022 гг.)
Traits of collection samples spikes (average for 2021–2022)

Номер по каталогу ВИР	Наименование	Длина колоса, см	Плотность колоса, шт/10 см	Количество, шт.		Масса зерна, г	
				колосков	зерен в колосе	с колоса	1000 зерен
11449	Фаленская 4 (стандарт)	11,9	29	35	59	1,85	25,6
-	Снежана 2 242/15	12,1	29	34	56	1,86	28,9
11674	Таловская 2	9,8	30	30	49	1,48	29,5
-	Енрушсиб 77-8/14	9,7	30	29	36	1,07	33,5
11821	Донская	11,1	30	33	52	1,75	32,1
11823	Ника 3	11,2	29	33	52	1,83	31,2
10028	Низкостебельная	10,8	30	32	48	1,46	28,1
11636	Kisvardai Legelo	9,5	28	26	35	1,03	28,6
11515	Паллада	11,1	30	33	54	1,60	29,3
11635	Polko	9,3	30	28	38	0,99	26,3
11692	Кауро	7,0	32	23	35	1,12	29,6
11559	Нару 4	8,4	30	26	40	1,19	28,6
11529	Эльви	8,4	29	25	38	1,30	30,5
11597	Folud	10,9	24	26	11	0,10	22,2
10394	Otello	9,9	30	30	45	1,08	25,5
10474	Edelhofer New	9,7	27	27	37	0,81	25,3
10149	Carstens	9,2	29	26	36	0,81	29,3
10229	Danae	9,1	28	26	37	0,87	25,8
10490	Carokurz	9,1	28	26	33	0,82	23,0
11410	SCW 1662	8,7	30	26	43	1,59	32,8
11446	Borellus	8,0	29	23	35	1,04	27,0
11649	UH 14	10,6	31	33	44	1,39	29,4
11650	Weidmannsdank	10,8	28	30	43	1,13	27,2
11648	Wibro	10,2	26	27	44	1,37	30,1
11522	Pastewne Zielone	9,9	27	27	27	0,65	23,8
11693	Warko	8,4	29	25	43	1,45	33,6
11623	SMH 183	7,9	32	25	37	0,94	28,1
Среднее по опыту		9,7	29	28	41	1,20	28,3
НСР ₀₅		1,8	3,5	4,9	14,9	0,60	ns
Cv, %		13	6	13	24	34	11

Образцы характеризовались невысокой фенотипической изменчивостью показателей количества колосков в колосе, длины колоса и

его плотности. Длина и плотность колоса могут быть морфологическими маркерами при отборе на продуктивность [14]. Следует учитывать,

что отбор в плюс-направлении по длине колоса может привести к снижению его плотности, так как существует отрицательная корреляция между длиной и плотностью колоса (в нашем опыте коэффициент корреляции был значимым и составил $-0,39$). Для селекции предпочтительнее колосья средней и вышесредней плотности ($35\text{--}38$ колосков на 10 см), в которых складываются оптимальные условия для налива крупного зерна. Лучшими по длине колоса были образцы Снежана 2 242/15, К-11821 Донская, К-11823 Ника 3, К-11515 Паллада ($11,1\text{--}12,1\text{ см}$). Отмечены образцы К-11623 SMH 183, К-11692 Кауро, К-11649 УН 14, обладающие сравнительно более высокой плотностью колоса ($31\text{--}32$ колоска на 10 см колосового стержня). На плотность колоса также влияет количество колосков в колосе. Увеличение количества колосков в колосе способствует повышению потенциальной продуктивности колоса, а значит, и урожайности ржи, поэтому необходим поиск форм с большим количеством колосков. В нашем опыте количество колосков значимо влияло на урожайность ($r = 0,48$). Невысокая фенотипическая изменчивость признаков длины колоса и количества колосков, средняя степень их наследуемости, предполагающая положительный эффект при отборе по фенотипу [14], позволяет использовать эти признаки для оценки образцов на потенциальную продуктивность. Поскольку длина колоса отрицательно связана с его плотностью, в роли маркерного признака повышенной потенциальной продуктивности, по нашему мнению, следует использовать признак «количество колосков в колосе». В качестве источников увеличенного количества колосков в колосе выделены образцы Снежана 2 242/15, К-11821 Донская, К-11823 Ника 3, К-11515 Паллада, К-11649 УН 14, которые имеют повышенную потенциальную продуктивность колоса.

Количество зерен в колосе и масса зерна с колоса в опыте были высокоизменчивыми признаками ($C_v=24\text{--}34\%$). В среднем за два года количество зерен в колосе составило 41 шт., что соответствует градации ниже среднего. Низкая озерненность была связана с недостатком увлажнения в период стеблевания, колошения и цветения, когда формируется количество колосков, цветков и зерен в колосе. При этом количество зерен в колосе оказало

наибольшее статистически значимое влияние на урожайность образцов среди других признаков колоса в структуре урожая ($r = 0,64$). В качестве источников признака высокого количества зерен в колосе предлагаются образцы Снежана 2 242/15, К-11821 Донская, К-11823 Ника 3, К-11515 Паллада.

Масса зерна с колоса является многокомпонентным признаком. В нашем опыте продуктивность колоса была достоверно связана с длиной колоса ($r = 0,38$), количеством колосков ($r = 0,62$) и зерен в колосе ($r = 0,94$). В среднем по опыту масса зерна с колоса была низкой ($1,20\text{ г}$), что указывает на невысокие значения компонентов и недостаточно благоприятные внешние условия для развития признака. Этот признак в наших исследованиях был достоверно связан с густотой продуктивного стеблестоя ($r = 0,44$), зимостойкостью ($r = 0,47$) и урожайностью ($r = 0,59$), т. е. растения в агроценозах образцов с лучшей густотой продуктивного стеблестоя (в том числе ввиду более высокой зимостойкости) в связи с одинаково высокой конкурентной способностью формировали более продуктивный колос, что повышало урожайность. В качестве источников повышенной массы зерна с колоса выделены образцы Снежана 2 242/15, К-11821 Донская, К-11823 Ника 3, которые в достаточной степени реализовали свойственный им потенциал продуктивности колоса.

Масса 1000 зерен, характеризующая крупность зерна, в среднем по опыту соответствовала градации ниже средней ($28,0\text{--}31,9\text{ г}$). Выявленные значимые положительные корреляции массы 1000 зерен с массой зерна с колоса ($r = 0,60$) и количеством зерен в колосе ($r = 0,42$) свидетельствуют о нормальном протекании процесса налива зерна и об отсутствии конкуренции между растениями у большинства образцов (ввиду низкой густоты продуктивного стеблестоя). В качестве источника признака крупности зерна выделен образец К-11693 Warko с максимальным значением массы 1000 зерен ($33,6\text{ г}$).

Кластерный анализ данных по 11 хозяйственно-биологическим признакам позволил выделить 7 кластеров, в пределах которых образцы обладали наибольшим сходством. Кластеры значительно различались по средней величине признаков (табл. 4).

Характеристика кластеров коллекционных образцов
Characteristics of collection sample clusters

Признак	Номер кластера						
	1	2	3	4	5	6	7
	Фален- ская 4 (стан- дарт)	Otello, Edelhofer New	SCW 1662, Warko	Снежана 2 242/15, Донская, Ника 3, Низ- косте- бельная, Паллада	Kisvardai Legelo, Haru 4, Эльви, Carstens, Danae, Borellus, Wibro, Kaupo, SMH 183	Талов- ская 2, Ен- рушсиб 77-8/14, Polko, UH-14, Weid- manns- dank	Carokurz, Pastewne Zielone, Folud
Урожайность, г/м ²	413	178	162	133	60	57	22
Густота продуктивного стеблестоя, шт/м ²	403	232	150	167	107	90	76
Зимостойкость, балл	7	6	5	7	6	5	4
Высота растения, см	111	132	111	105	112	94	117
Устойчивость к полеганию, баллов	7	4	7	6	5	7	6
Длина колоса, см	12	9,8	8,5	11,2	8,6	10	10
Плотность колоса, шт/10 см	29	29	30	30	29	30	27
Количество колосков, шт.	35	28	25	33	25	30	26
Количество зерен в колосе, шт.	59	41	43	52	37	42	24
Масса зерна с колоса, г	2	0,94	1,52	1,70	1,07	1,21	0,52
Масса 1000 зерен, г	26	25,4	33,2	29,9	28,6	29,2	23,0

Стандарт выделен в отдельный кластер благодаря высоким хозяйственно-биологическим показателям. Второй кластер объединил шведский и австрийский образцы с относительно более высокой урожайностью и густотой продуктивного стеблестоя, зимостойкостью выше средней, но сравнительно мелкозерные, с низкой продуктивностью колоса, слабоустойчивые к полеганию. Третий кластер включал польские образцы с высокой устойчивостью к полеганию, наиболее крупнозерные, с коротким и плотным продуктивным колосом, однако менее зимостойкие. Четвертый кластер содержал отечественные образцы с высокой зимостойкостью, короткостебельные, достаточно устойчивые к полеганию, с длинным продуктивным колосом и сравнительно крупным зерном. Наиболее многочисленный пятый кластер состоял из 9 образцов, отличающихся

невысокой продуктивностью колоса. Шестой кластер содержал высокоустойчивые к полеганию, относительно крупнозерные, но сравнительно менее зимостойкие и продуктивные образцы из России, ЮАР, Германии. Седьмой кластер (образцы Германии, Польши, США) характеризовался наименьшей урожайностью и густотой продуктивного стеблестоя, низкой зимостойкостью, мелкозерностью. Таким образом, ни один из кластеров не обладал высокими значениями по всем признакам. Однако для расширения генетического разнообразия исходного материала в селекции озимой ржи в условиях Кировской области представляют интерес образцы, входящие в четвертый, второй и третий кластеры. Для повышения зимостойкости данные образцы необходимо скрещивать с высокозимостойкими районированными сортами (в том числе сортом Фаленская 4).

ВЫВОДЫ

1. Более приспособленными к условиям Кировской области являются образцы К-10474 Edelhofer New, К-10394 Otello, Снежана 2 242/15, К-10028 Низкостебельная, которые характеризуются сравнительно более высокой густотой продуктивного стеблестоя (более 200 шт/1 м²) и урожайностью (168–180 г/м²).

2. В качестве источников продуктивности выявлены образцы с повышенным и устойчивым уровнем признаков количества колосков (33–34 шт.) и зерен (52–56 шт.) в колосе, массы зерна с колоса (1,75–1,86 г) – Снежана 2 242/15, К-11821 Донская, К-11823 Ника 3; количества колосков и зерен в колосе – К-11515 Паллада (33 и 54 шт.); массы 1000 зерен – К-11693 Warko (33,6 г); количества колосков в колосе – К-11649 УН 14 (33 шт.). Выявленные образцы могут использоваться для получения селекционного материала с более высокими значениями элементов структуры продуктивности в селекции на увеличение урожайности озимой ржи в условиях Кировской области.

3. Доноры доминантной моногенной короткостебельности К-10028 Низкостебельная и рецессивной полигенной короткостебельности К-10149 Carstens, К-10229 Danae характеризуются достаточно высокой зимостойкостью в условиях Кировской области (5–7 баллов), что дает возможность использовать их в селекции короткостебельных сортов, потенциально более устойчивых к полеганию. Выделены образцы с высокой устойчивостью к полеганию (8 баллов) – К-11674 Таловская 2, К-11635 Polko, К-11649 УН 14, предлагаемые в качестве источников признака.

4. С помощью кластерного анализа выделены образцы К-10394 Otello, К-10474 Edelhofer New, К-11410 SCW 1662, К-11693 Warko, Снежана 2 242/15, К-11821 Донская, К-11823 Ника 3, К-10028 Низкостебельная, К-11515 Паллада, которые можно использовать в скрещиваниях с сортами селекции ФАНЦ Северо-Востока для расширения генетического разнообразия селекционного материала озимой ржи в условиях Кировской области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Hackauf B., Siekmann D., Fromme F. Improving yield and yield stability in winter rye by hybrid breeding // Plants. – 2022. – N 11(19). – Art. No. 2666. – DOI: 10.3390/plants11192666.
2. Направления, методы и результаты селекции ржи (*S. cereale* L.) в Беларуси / Э.П. Урбан [и др.] // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2022. – Т. 60 (2). – С. 160–170. – DOI: 10.29235/1817-7204-2022-60-2-160-170.
3. Маннапова Г.С., Пономарева М.Л., Пономарев С.Н. Развитие селекционных стратегий озимой ржи: от массового отбора до геномной селекции // Сб. тез. Междунар. конф. – СПб.: ВИР, 2019. – С. 241. – DOI: 10.30901/978-5-907145-39-9.
4. Пономарева М.Л., Пономарев С.Н. Научные основы селекции озимой ржи: монография. – Казань: Изд-во ФЭН, 2019. – 352 с.
5. Биологические особенности продуктивности различных селекционно-генетических форм озимой ржи / А.М. Каргатова [и др.] // Известия Саратовского университета. Серия Химия. Биология. Экология. – 2017. – Т. 17, вып. 1. – С. 48–52. – DOI: 10.18500/1816-9775-2017-17-1-48-52.
6. Гончаренко А.А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи: монография. – М.: Росинформагротех, 2014. – 372 с.
7. Торон Е.А., Чайкин В.В., Торон А.А. Пути повышения потенциала продуктивности озимой ржи // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 54. – С. 299–304.
8. Isolation and sequencing of chromosome arm 7RS of rye, *S. cereale* / J. Petereit [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2022. – N 23 (19). – P. 11106. – DOI: 10.3390/ijms231911106.
9. Shahmoradi S., Ghotbi V. Evaluation of of Iranian rye (*S. cereale* L.) ecotypes under late season drought stress // Environmental Stresses in Crop Sciences. – 2022. – N 15(1). – P. 19–29. – DOI: 10.22077/escs.2020.3507.1867.
10. Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Вариабельность адаптивных реакций диплоидных сортов озимой ржи в экологическом изучении // Вестник КрасГАУ (Красноярский государственный аграрный университет). – 2022. – № 3(180). – С. 53–61. – DOI: 10.36718/1819-4036-2022-3-53-61.

11. Юсова О.А., Николаев П.Н. Новый высококачественный сорт ярового ячменя Омский // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 4. – С. 68–76. – DOI:10.31677/2072-6724-2022-65-4-68-76.
12. Сафонова И.В., Аниськов Н.И., Кобылянский В.Д. База данных генетических ресурсов коллекции озимой ржи ВИР как средство классификации генетического разнообразия, анализа истории коллекции и эффективного изучения и сохранения // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2019. – Т. 23 (6). – С. 780–786. – DOI: 10.18699/VJ19.552.
13. Щеклеина Л.М. Адаптивность и устойчивость сортов озимой ржи к грибным болезням // Таврический вестник аграрной науки. – 2022. – № 2(30). – С. 164–173. – EDN: ARVLXP.
14. Кобылянский В.Д. Рожь. Генетические основы селекции: монография. – М.: Колос. – 1982. – 271 с.
15. Стихин М.Ф., Денисов П.В. Озимая рожь и пшеница в Нечерноземной полосе. – Л.: Колос, 1977. – 320 с.
16. Чайкин В.В., Тороп А.А., Тороп Е.А. Изменение архитектоники растения как направление в селекции озимой ржи // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 3 (39). – С. 23–33. – DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-23-33.
17. Кобылянский В.Д., Солодухина О.В. Использование доноров ценных признаков растений в селекции новых сортов озимой ржи // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29, № 7. – С. 7–12.

REFERENCES

1. Hackauf B., Siekmann D., Fromme F., Improving yield and yield stability in winter rye by hybrid breeding, Plants, 2022, No. 11 (19), Art. No. 2666, DOI: 10.3390/plants11192666.
2. Urban Je.P., Gordej S.I., Artjuh D.Ju., Gordej I.S., Izvestiya Natsional'noi akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnykh nauk, 2022, T. 60 (2), pp. 160–170, DOI: 10.29235/1817-7204-2022-60-2-160-170. (In Russ.)
3. Mannapova G.S., Ponomareva M.L., Ponomarev S.N., Mezhdunarodnaya konferentsiya “125 let prikladnoi botaniki v Rossii” (International Conference “125 Years of Applied Botany in Russia”), Book of Abstracts, November 25–28, 2019, St. Petersburg, VIR, 2019, pp. 241, DOI: 10.30901/978-5-907145-39-9. (In Russ.)
4. Ponomareva M.L., Ponomarev S.N., Nauchnye osnovy selektsii ozimoi rzhi (Scientific bases of winter rye breeding), Kazan: Izd-vo FEN, 2019, 352 p.
5. Kargatova A.M., Stepanov S.A., Ermolaeva T.Ya., Nuzhdina N.N., Izvestiya Saratovskogo universiteta. Ser. Khimiya. Biologiya. Ekologiya, 2017, T. 17, Vyp. 1, pp. 48–52, DOI: 10.18500/1816-9775-2017-17-1-48-52. (In Russ.)
6. Goncharenko A.A., Aktual'nye voprosy selektsii ozimoi rzhi (Pressing questions of the winter rye breeding), Moscow: Rosinformagrotekh, 2014, 372 p.
7. Torop E.A., Chaikin V.V., Torop A.A., Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, Krasnodar: KubGAU, 2015, No. 54, pp. 299–304. (In Russ.)
8. Petereit J., Tay Fernandez C., Marsh J.I., Bayer P.E., Thomas W.J.W., Aliyeva A.J., Karafiátová M., Doležel J., Batley J., Edwards D., Isolation and sequencing of chromosome arm 7RS of rye, *S. cereal*, International Journal of Molecular Sciences, 2022, No. 23 (19), pp. 11106, DOI: 10.3390/ijms231911106.
9. Shahmoradi S., Ghotbi V., Evaluation of of Iranian rye (*S. cereale* L.) ecotypes under late season drought stress, Environmental Stresses in Crop Sciences, 2022, No. 15 (1), pp. 19–29, DOI: 10.22077/escs.2020.3507.1867.
10. Safonova I.V., Anis'kov N.I., Vestnik KrasGAU (Krasnoyarskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet), 2022, No. 3 (180), pp. 53–61, DOI:10.36718/1819-4036-2022-3-53-61. (In Russ.)
11. Yusova O.A., Nikolaev P.N., Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet), 2022, No. 4, pp. 68–76, DOI:10.31677/2072-6724-2022-65-4-68-76. (In Russ.)
12. Safonova I.V., Anis'kov N.I., Kobylyanskii V.D., Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii, 2019, T. 23 (6), pp. 780–786, DOI: 10.18699/VJ19.552. (In Russ.)
13. Shchekleina L.M., Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki, 2022, No. 2 (30), pp. 164–173, EDN: ARVLXP. (In Russ.)

14. Kobylanskii V.D., Rozh'. Geneticheskie osnovy selektsii (Rye. Genetic basis of breeding), Moscow: Kolos, 1982, 271 p.
15. Stikhin M.F., Denisov P.V., Ozimaya rozh' i pshenitsa v Nechernozemnoi polose (Winter rye and wheat in the Non-Chernozem zone), Leningrad: Kolos, 1977, 320 p.
16. Chaikin V.V., Torop A.A., Torop E.A., Zernobobovye i krupyanye kul'tury, 2021, No. 3 (39), pp. 23–33, DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-23-33. (In Russ.)
17. Kobylanskii V.D., Solodukhina O.V., Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2015, T. 29, No. 7, pp. 7–12. (In Russ.)