

Создание кислотоустойчивого сорта озимой ржи Кипрез

© 2020. Е. И. Уткина , Л. И. Кедрова, Е. А. Шляхтина Е. С. Парфенова, Н. А. Набатова, М. Г. Шамова

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

Актуальным направлением селекции озимой ржи для условий северного земледелия является создание алюмо- и кислототолерантных сортов. Исследования проведены в центральной зоне Кировской области в 1991-2019 гг. Использован комплексный естественный провокационный фон (содержание ионов алюминия 25,5-26,7 мг/100 г почвы при рН солевой вытяжки 3,6-3,8; ежегодное эпифитотийное развитие розовой снежной плесени *Microdochium nivale* (Fr.). Исходным материалом послужил зимостойкий и адаптивный сорт Кировская 89. Жесткий естественный провокационный фон позволил отобрать лучшие растения (500 штук), которые были пересажены весной на изолированный участок. Последующие негативные отборы, полевые и лабораторные оценки позволили создать популяцию Кипрез. За период 1995-2013 гг. проведено размножение популяции на провокационном фоне и 5 циклов негативного отбора с одновременным изучением в конкурсном сортоиспытании на двух почвенных фонах. Первый цикл отбора способствовал повышению урожайности новой популяции в условиях эдафического стресса над исходным сортом Кировская 89 на 12,6 %, второй и третий на 19,5 и 29,3% соответственно. Дальнейший отбор не показал значимого эффекта. С 2010 г. проводили дальнейшее улучшение сорта Кипрез с использованием индивидуальными-семейственными отборами и парных скрещиваний. Многолетнее конкурсное испытание (2014-2019 гг.) показало преимущество сорта Кипрез перед стандартом и исходным сортом. Средняя прибавка урожайности к сорту Кировская 89 в условиях слабокислых почв (рН – 5,3-5,7; Al^{3+} – 5,0-6,5 мг/100 г) составила 0,50 т/га (г. Киров) и 0,75 т/га (п. Фаленки), в условиях эдафического стресса – 1,91 т/га (п. Фаленки). Выявлено сочетание алюмо- и кислототолерантности сорта с засухоустойчивостью. В 2014 г. при дефиците влаги (31% от нормы) в фазу налива и созревания зерна сорт Кипрез в условиях слабокислого фона достоверно превысил стандарт Фаленская 4 на 0,82 т/га (19,1%), исходный сорт Кировская 89 – на 1,97 т/га (62,7%). Сорт Кипрез рекомендован для возделывания на низкоплодородных почвах в сложных гидротермических условиях северного земледелия.

Ключевые слова: *Cesale cereale* L., селекция, эдафический стресс, провокационный фон, многократный отбор, урожайность, зимостойкость

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0095).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Уткина Е. И., Кедрова Л. И., Шляхтина Е. А., Парфенова Е. С., Набатова Н. А., Шамова М. Г. Создание кислотоустойчивого сорта озимой ржи Кипрез. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(5):512-520. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.512-520>

Поступила: 27.05.2020

Принята к публикации: 06.10.2020

Опубликована онлайн: 22.10.2020

Development of acid-resistant winter rye Kiprez variety

© 2020. Elena I. Utkina , Lidiya I. Kedrova, Elena A. Shlyakhtina, Elena S. Parfenova, Natalya A. Nabatova, Marina G. Shamova

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The current trend of winter rye breeding for the conditions of northern agriculture is development of aluminum and acid-tolerant cultivars. Studies were carried out in the central zone of the Kirov region in 1991-2019. The complex natural provocative background was used (aluminum ion content 25.5-26.7 mg/100 g of soil at a pH of salt extract 3.6-3.8; annual epiphytotic development of pink snow mold *Microdochium nivale* (Fr.). Winter-resistant and adaptive cv. Kirovskaya 89 served as the initial material. A rigid natural provocative background made it possible to select the best plants (500 pieces) that were transplanted in spring to an isolated area. Subsequent negative selections, field and laboratory assessments made it possible to create the Kiprez population. During the period of 1995-2013 population reproduction was carried out on a provocative background and 5 cycles of negative selection with simultaneous study in competitive varietal testing on two soil backgrounds. The first selection cycle contributed to an increase in the yield of the new population under conditions of edaphic stress over the original cv. Kirovskaya 89 by 12.6%; the second and third by 19.5 and 29.3%, respectively. Further selection did not show a significant effect. Since 2010, the further improvement of the cv. Kiprez has been carried out using individual-family selection and paired crosses. A multi-year competitive test (2014-2019) showed the advantage of the cv. Kiprez over the standard and the initial cultivar. The average yield increase to the Kirovskaya 89 variety under conditions of slightly acidic soils (pH – 5.3-5.7; Al^{3+} – 5.0-6.5) was 0.50 t/ha (Kirov) and 0.75 t/ha (Falenki); in the conditions of edaphic stress – 1.91 t/ha (Falenki). A combination of aluminum- and acid tolerance of the cultivar with drought resistance was revealed. In 2014, with

a moisture deficit (31% of the norm) in the grain filling and ripening phase, cv. Kiprez exceeded significantly the cv. Falenskaya 4 (standard) by 0.82 tons/ha (19.1%) in a acidic background; initial cv. Kirovskaya 89 - by 1.97 tons/ha (62.7%). Cv. Kiprez is recommended for cultivation on low-fertile soils in harsh hydrothermal conditions of northern agriculture.

Keywords: *Secale cereale, breeding, edaphic stress, provocative background, multiple selection, yield, winter resistance*

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0528-2019-0095).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Utkina E. I., Kedrova L. I., Shlyakhtina E. A., Parfyenova E. S., Nabatova N. A., Shamova M. G. Development of acid-resistant winter rye cultivar Kiprez. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(5): 512-520. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.512-520>

Received: 27.05.2020

Accepted for publication: 06.10.2020

Published online: 22.10.2020

В России около 65 млн га пахотных земель занимают кислые почвы (рН менее 5,5). В отдельных регионах страны удельная площадь таких почв превышает 50-70 %, при этом потери сельскохозяйственной продукции в пересчете на зерно в год доходят до 15-20 млн т [1, 2, 3]. В Кировской области почвы с повышенной кислотностью занимают более 75 %, в т. ч. 41 % сильнокислые (рН менее 4,5) [3, 4].

Существенное снижение продуктивности растений в условиях кислых почв провоцируют соединения алюминия, вредное воздействие которых зависит от концентрации активных форм и химической формы элемента [5]. Наиболее высокая токсичность алюминия проявляется при рН менее 4 [1]. Мнения ученых о значении алюминия в жизни растений сильно расходятся. Среди большого числа негативных отзывов встречаются высказывания о пользе данного элемента в низких концентрациях [6, 7].

Взаимодействие растения и почвы во многом обусловлено биологическими особенностями культур, которые по отношению к эдафическому стрессу можно отнести к следующим группам: высокочувствительные; умеренно чувствительные; слабочувствительные; удовлетворительно переносящие высокую кислотность, но не нуждающиеся в известковании [8]. Озимая рожь (*Cecale cereale* L.) относится к группе слабочувствительных и более стабильно, чем другие зерновые культуры, формирует урожайность в условиях кислой почвенной среды. Тем не менее, эдафический стресс снижает зимостойкость, регенерационную способность после поражения снежной плесенью и основные морфо-биологические показатели, что существенно влияет на уровень урожайности [9].

Разнообразие почвенно-климатических условий регионов России является определяющим фактором в селекции сельскохозяй-

ственных культур. Решается сложная задача по обеспечению стабильной урожайности сорта за счет адаптивности, биологической устойчивости, приспособленности к условиям региональных особенностей [10]. Актуальным направлением селекции в зоне неустойчивого северного земледелия России, где преобладают подзолистые и дерново-подзолистые почвы с низким уровнем естественного плодородия, является создание кислото- и алюмотолерантных сортов [11], что является самым рациональным способом снижения негативного влияния почвенного стресса на растения [12].

Создание сортов озимой ржи, устойчивых к региональным биотическим и абиотическим стрессорам северного земледелия, определяет современное направление в селекционных программах ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Целенаправленные научные исследования были начаты в конце 80-х годов с использованием метода клеточной селекции. Позднее для изучения исходного материала, возможностей внутривидового отбора и выявления влияния алюмокислого стресса на основные показатели продуктивности растений и урожайность сортов озимой ржи был задействован естественный комплексный провокационный фон (повышенное содержание H^+ и Al^{3+} ; эпифитотийное развитие розовой снежной плесени *Microdochium nivale*).

Цель исследований – разработать схему селекционного процесса по созданию кислото- и алюмотолерантных сортов озимой ржи, создать сорт озимой ржи, толерантный к эдафическому стрессу и адаптированный к условиям Северо-Востока европейской части России.

Материал и методы. Исследования проведены в 1991-2019 гг. на экспериментальных полях ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в двух эколого-географических точках (г. Киров и п. Фаленки). Кислотоустойчивый сорт

Кипрез создан методом многократных рекуррентных отборов резистентных биотипов на естественном провокационном фоне по кислото- и алюмоустойчивости. Исходным материалом послужил сорт Кировская 89, включенный в Государственный реестр селекционных достижений с 1993 г. с допуском к использованию в производстве по Северному, Северо-Западному, Центральному и Волго-Вятскому регионам РФ. Метод создания сорта Кировская 89 – отборы из сложного гибрида доноров устойчивости к листовостебельным заболеваниям с высокозимостойким сортом Вятка 2. Сочетание генотипов позволило получить сорт, характеризующийся зимостойкостью, адаптивностью, полевой устойчивостью к мучнистой росе и бурой ржавчине, с потенциальной урожайностью 8,0 т/га.

Формирование толерантного сорта Кипрез проходило в естественных условиях жесткого провокационного эдафического фона (п. Фаленки). Показатели опытного алюмокислого участка: содержание ионов Al^{3+} – 25,5-26,7 мг/100 г почвы; подвижного фосфора – 72-108 мг/кг; обменного калия – 78-100 мг/кг почвы; рН солевой вытяжки – 3,6-3,8. В конкурсном сортоиспытании сорт изучался на неоднородных по плодородию и механическому составу почвах, что позволило выявить его адаптивные возможности. Агрохимическая характеристика почвы конкурсного сортоиспытания соответствует оптимальным параметрам для возделывания озимой ржи: содержание гумуса – 2,43-3,56 %; содержание подвижного фосфора – 334-349 мг/кг; обменного калия – 232-304 мг/кг почвы; рН солевой вытяжки – 5,3-5,7; Al^{3+} – 5,0-6,5 мг/100 г почвы (слабокислый фон).

Погодные условия за период изучения различались во все фазы развития растений, создавая возможность для разносторонней оценки материала.

Исследования проведены в соответствии с методическими указаниями¹ и методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур². Статистическая обработка результатов проведена методами дисперсионного и корреляционного анализов³ с использованием Пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа

в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.07.), Microsoft Office Excel.

Результаты и их обсуждение. Метод периодического отбора базируется на широкой вариабельности биотипов в популяции сорта по устойчивости к эдафическому стрессу и позволяет повысить концентрацию резистентных растений в исходной популяции. По сравнению с методом клеточной селекции в создании кислотоустойчивых сортов полевой метод является наиболее трудоемким и длительным по времени, поэтому не находит широкого практического применения. Однако его преимущество заключается в использовании естественного почвенного стресса в сочетании с воздействием неблагоприятных внешних факторов среды, что особенно актуально для озимых культур. В этой связи использование жесткого естественного провокационного почвенного фона в селекционных программах ФАНЦ Северо-Востока является обязательным и результативным.

Создание сорта Кипрез было начато в 1991 г. с посева исходного сорта Кировская 89 с богатой генетической основой на провокационный участок с повышенной кислотностью почвы и наличием ионов алюминия. Токсичность ионов алюминия начинает проявляться уже с момента появления всходов. Особенной чувствительностью к эдафическому стрессу характеризуется корневая система, отвечая изменением минерального питания, дыхания, поглощения и перемещения воды [13]. В результате нарушаются физиологические процессы в растении, снижается содержание хлорофилла, растения истощаются, хуже переносят неблагоприятные условия перезимовки. Поражение ослабленных растений ржи снежной плесенью после разрушения снежного покрова, которое составляет 90-100 % ежегодно, снижает их способность к весенней регенерации и часто приводит к полной гибели посевов. Такой благоприятный для отборов уникальный естественный провокационный фон позволил весной 1992 г. выявить наиболее жизнестойкие растения, отвечающие задачам селекции по основным параметрам. Отобранные с учетом габитуса, кустистости, размеров и формы листовой пластинки лучшие растения (500 штук) были пересажены на изолированный участок.

¹Методические указания по селекции и семеноводству озимой ржи. М., 1980. 96 с.

²Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1983. Вып. 1. 230 с.

³Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М: Колос, 1979. 336 с.

До цветения растений, что строго соблюдается для перекрестноопыляемых культур, проведена первая негативная браковка среди отобранного материала и вторая – перед уборкой. В лабораторных условиях проведен анализ по качеству зерна. Далее семена от лучших растений с использованием метода половинок были высеяны для изучения на естественном фоне эдафической провокации и поражения снежной плесенью. На следующий год проведены полевые оценки по зимостойкости, продуктивной кустистости, устойчивости к полеганию, поражению болезнями (выбраковка составила 35 %) и лабораторного анализа по качеству зерна (выбраковано 26 % семей). Родоначальные половинки лучших семей были объединены в популяцию Кипрез.

За период с 1995 по 2013 г. проведено размножение популяции на провокационном

фоне и 5 циклов негативного отбора, при которых улучшение исходной популяции достигалось путем удаления нежелательных форм растений. Одновременно материал проходил изучение в конкурсном сортоиспытании на двух почвенных фонах: слабокислом и алюмокислом.

Динамика урожайности сформированной популяции Кипрез в провокационных условиях представлена по циклам отборов (табл. 1). Превышение урожайности новой популяции после первого цикла отбора над исходным сортом Кировская 89 составило 12,6 % (0,33 т/га). Последующие два цикла отборов способствовали повышению урожайности на 19,5 и 29,3 %. Положительная динамика отмечена до третьего цикла, при дальнейшем отборе значимого эффекта не выявлено.

Таблица 1 – Эффективность негативного отбора при создании новой популяции Кипрез в условиях эдафического стресса /

Table 1 – Effectiveness of negative selection in creating a new Kiprez population in conditions of edaphic stress

Цикл отбора (годы изучения) / Selection cycle (years of studies)	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	± к исходному сорту Кировская 89, т/га (отклонение, %) / ± to initial cv. Kirovskaya 89, t/ha (deviation, %)	± к стандарту Фаленская 4, т/га (отклонение, %) / ± to standard Falenskaya 4, t/ha (deviation, %)
1 – (1995-1997)	2,94	+0,33 (12,6)	-0,49 (14,3)
2 – (1998-2000)	3,99	+0,65 (19,5)	-0,13 (3,2)
3 – (2001-2003)	2,87	+0,65 (29,3)	+0,32 (12,5)
4 – (2004-2006)	3,52	+0,67 (23,5)	-0,16 (4,4)
5 – (2007-2009)	3,52	+0,73 (26,2)	+0,21 (6,3)
6 – (2010-2013)	3,18	+0,68 (27,2)	+0,03 (1,0)

Отбор на устойчивость к эдафическому стрессу затронул и другие селекционно-ценные признаки. Перспективная популяция Кипрез прошла исключительный отбор по выносливости к неблагоприятным факторам перезимовки, т. к. ослабленные повышенной кислотностью почвы растения в период осен-

ней вегетации не выдерживали инфекционной нагрузки снежной плесени и погибали весной.

Анализ урожайных данных и зимостойкости популяции Кипрез на слабокислом фоне в сравнении с исходным сортом Кировская 89, стандартами Вятка 2 и Фаленская 4 представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Изучение популяции Кипрез в условиях слабокислого фона* /

Table 2 – Study of the Kiprez population on a weakly acidic background

Основные показатели / The main indicators	Кипрез / Kiprez	Стандарт / Standard	Кировская 89 / Kirovskaya 89	HCP ₀₅ / LSD ₀₅
1998-2000 гг. (стандарт Вятка 2 / Vyatka 2 standard)				
Урожайность, т/га / Yield, t/ha	4,49	4,34	3,77	0,35
Зимостойкость, % / Winter hardiness, %	95	98	78	12
2007-2009 гг. (стандарт Фаленская 4 / Falenskaya 4 standard)				
Урожайность, т/га / Yield, t/ha	5,47	5,36	4,54	0,44
Зимостойкость, % / Winter hardiness, %	95	95	72	13

* слабокислый фон – pH – 5,4; P₂O₅ – 31,6; K₂O – 15,4 мг/100 г почвы /

*slightly acidic background – pH – 5.4; P₂O₅ – 31.6; K₂O – 15.4 mg/100 g soil

Экспериментальные данные показали, что при изучении в 1998-2000 гг. новая популяция по урожайности достоверно превысила исходный сорт Кировская 89 на 0,72 т/га (19,1 %). Полученное превосходство связано с повышенной способностью растений отрастать весной после поражения посевов снежной плесенью. При этом урожайность и зимостойкость популяции Кипрез была на уровне адаптивного стандарта Вятка 2. Аналогичная закономерность прослеживалась и в более поздний период изучения в сравнении со стандартом Фаленская 4 (2007-2009 гг.).

Для улучшения нового сорта с 2010 г. проводили дополнительные индивидуально-родовые отборы и парные скрещивания, которые позволили дополнительно отработать некоторые селекционно-важные показатели, в т. ч. выравненность стеблестоя. Лучшие потомства парных скрещиваний (159 потомств) были объединены в популяцию, которую далее размножали в условиях эдафического стресса с обязательным проведением негативных браковок до фазы цветения и отборов лучших элит перед уборкой. В результате многолетних целенаправленных селекционных изысканий

создан первый в стране кислото- и алюмотолерантный сорт озимой ржи Кипрез.

Сорт Кипрез (разновидность *vulgare*) имеет доминантно-моногоенный тип короткостебельности. Относится к группе короткостебельных сортов с высотой стебля 93-113 см, при данном показателе у исходного сорта Кировская 89 – 100-120 см. По продолжительности вегетационного периода относится к группе среднепоздних сортов. Характеризуется промежуточной формой куста, прочным стеблем, темно-зеленым листом с восковым налетом в период кушения, серовато-желтым призматическим колосом длиной 10-11 см, массой 1000 зерен 27,5-30,5 г.

С 2014 г. новый сорт проходил изучение в конкурсном испытании на провокационном фоне и на нейтральном фоне в двух эколого-географических точках. На нейтральном фоне (г. Киров) урожайность сорта Кипрез ежегодно была на уровне стандарта Фаленская 4. Исходный сорт Кировская 89 уступал сорту Кипрез по урожайности на 0,37-1,02 т/га (рис.). Исключением являлся 2017 г., когда условия весенней вегетации воспрепятствовали сильному развитию снежной плесени и потенциал весеннего развития сортов сравнялся.

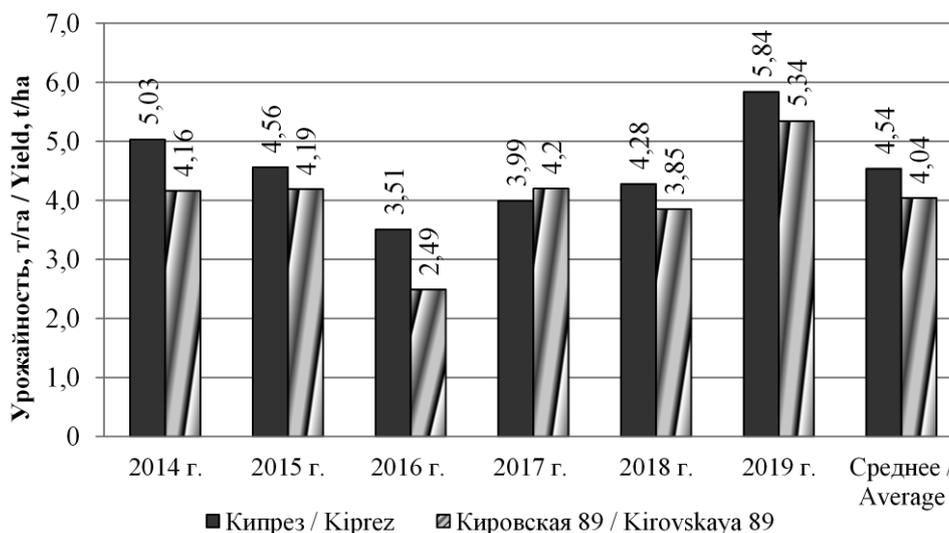


Рис. Урожайность сорта Кипрез в сравнении с исходным сортом Кировская 89 на нейтральном почвенном фоне (г. Киров) /

Fig. Yield of cv. Kiprez in comparison with the initial cv. Kirovskaya 89 on a neutral soil background (Kirov)

На Фаленской селекционной станции конкурсное сортоиспытание проведено на двух почвенных фонах. В условиях слабокислого почвенного фона урожайность сорта Кипрез во все годы превышала исходный сорт на 0,39-1,97 т/га (8,9-62,7 %) и находилась на

уровне стандарта Фаленская 4 (исключение составлял 2014 г.). В условиях эдафической провокации подтвердилось стабильное преимущество нового сорта по урожайности. Средняя прибавка к стандарту составила 0,64 т/га, к сорту Кировская 89 – 1,91 т/га (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность сорта Кипрез на двух почвенных фонах, т/га (п. Фаленки) / Table 3 – Yield of cv. Kiprez on two soil backgrounds, t/ha (Falenki)

Год испытания / Years of test	Кипрез / Kiprez	Фаленская 4 / Falenskaya 4	Кировская 89 / Kirovskaya 89	НСР ₀₅ / LSD ₀₅
		± к сорту Кипрез / ± to cv. Kiprez		
Слабокислый фон* / Slightly acidic background				
2014	5,11	4,29 (-0,82)	3,14 (-1,97)	0,46
2015	4,30	4,30 (0)	3,78 (-0,52)	0,27
2016	4,14	4,21 (+0,07)	3,61 (-0,53)	0,53
2017	3,64	3,75 (+0,11)	3,25 (-0,39)	0,43
2018	5,91	5,80 (-0,11)	5,26 (-0,65)	0,40
2019	5,03	5,42 (+0,39)	4,62 (-0,41)	0,49
Среднее / Average	4,69	4,63	3,94	0,41
Провокационный фон** / Provocative background				
2014	4,52	2,60 (-1,92)	1,29 (-3,23)	0,14
2015	3,92	3,61 (-0,31)	3,10 (-0,82)	0,27
2016	3,88	3,37 (-0,51)	2,38 (-1,50)	0,23
2017	2,61	2,38 (-0,23)	0,57 (-2,04)	0,33
2018	4,17	3,20 (-0,97)	1,08 (-3,09)	0,46
2019	4,14	4,21 (+0,07)	3,31 (-0,83)	0,53
Среднее / Average	3,87	3,23	1,96	0,74

* Содержание подвижного фосфора – 334-349 мг/кг; обменного калия – 232-304 мг/кг почвы; pH солевой вытяжки – 5,3-5,7; Al³⁺ – 5,0-6,5 мг/100 г почвы / Content of mobile phosphorus – 334-349 mg/kg; exchangeable potassium – 232-304 mg/kg; pH of salt extract – 5.3-5.7; Al³⁺ – 5.0-6.5 mg/100g of soil

**Содержание подвижного фосфора – 72-108 мг/кг; обменного калия – 78-100 мг/кг почвы; pH солевой вытяжки – 3,6-3,8; содержание ионов Al³⁺ – 25,5-26,7 мг/100 г почвы / Content of mobile phosphorus – 72-108 mg/kg; exchangeable potassium – 78-100 mg/kg; pH of salt extract – 3.6-3.8; content of Al³⁺ ions 25.5-26.7 mg/100g of soil

В результате анализа элементов продуктивности изучаемых сортов, выращенных на разных почвенных фонах, выявлено, что условия эдафического стресса в меньшей степени влияют на параметры колоса. Потеря урожайности происходит за счет снижения регенерационной способности и продуктивной кустистости растений: у сорта Кипрез на 15 и 10 %; стандарта Фаленская 4 – 26 и 28 %; исходного сорта Кировская 89 – 46 и 43 % соответственно. Сорт Кипрез, имея минимальную степень депрессии элементов в условиях провокации, способен формировать стабильную урожайность на низкоплодородных кислых почвах.

Как отмечалось ранее, действие на растения одним видом стресса делает его устойчивым к другим экстремальным факторам. Установлено, что алюмо- и кислототолерантные формы озимых культур характеризуются устойчивостью к неблагоприятным факторам перезимовки [12]. В наших исследованиях

в результате изучения сорта Кипрез дополнительно выявлено сочетание алюмо- и кислотостойкости сорта с засухоустойчивостью. В 2014 г., когда в фазу налива и формирования зерна в центральной зоне Кировской области в июле отмечался острый дефицит влаги (осадков выпало 31 % от нормы), в первой эколого-географической точке (г. Киров) сорт Кипрез был лучшим по урожайности среди 29 сортов в опыте. Достоверное превышение урожайности к стандарту Фаленская 4 отмечено и в условиях Фаленской селекционной станции (п. Фаленки) на слабокислом (+0,82 т/га) и провокационном (+1,92 т/га) фонах, к сорту Кировская 89 – на 1,97 и 3,23 т/га соответственно.

Анализ хлебопекарных качеств зерна по признаку «число падения» за 2013-2015 гг. показал, что сорт Кипрез имеет показатели на уровне стандарта Фаленская 4 (соответствует 2 классу качества) и превышает исходный сорт Кировская 89. По показателю «натура зерна»

новый сорт превышает базисную норму по ГОСТ 16990-88 «Рожь. Требования при заго-

товках и поставках». Основные характеристики сорта Кипрез представлены в таблице 4.

*Таблица 4 – Хозяйственно-биологическая характеристика сорта озимой ржи Кипрез (2014-2016 гг.)/
Table 4 – Economic and biological characteristics of winter rye cv. Kiprez (2014-2016)*

<i>Показатель / Indicator</i>	<i>Кипрез / Kiprez</i>	<i>Фаленская 4 / Falenskaya 4</i>	<i>Кировская 89 / Kirovskaya 89</i>
Высота растений, см / Plant height, cm	106	105	112
Устойчивость к полеганию, балл / Lodging resistance, points	7,4	7,0	7,0
Зимостойкость, % / Winter hardiness, %	88	89	84
Масса 1000 зерен, г / 1000-grain mass, g	29,4	28,5	32,2
Число падения, с / Falling number, sec	145	148	113
Нагура зерна, г/л / Nest weight, g/l	727	737	707
Высота амилограммы, е. а. / Height of amylogram, e. a.	445	548	383
Общая хлебопекарная оценка, балл / Total bakery score, points	3,6	3,6	3,5

По результатам иммунологической оценки сорт Кипрез характеризуется высокой регенерационной способностью после поражения снежной плесенью (85-95 %), средней полевой устойчивостью к видам ржавчины и мучнистой росе.

Определяющие показатели коммерческой выгоды возделывания сорта Кипрез следующие: высокая алюмо- и кислотоустойчивость, зимостойкость, продуктивность, устойчивость к полеганию и поражению снежной плесенью, хорошие хлебопекарные качества.

Предполагаемый экономический эффект от использования нового сорта рассчитан по данным урожайности конкурсного сортоиспытания 2014-2016 гг. Чистый доход от возделывания сорта Кипрез на низкоплодородных кислых почвах составил 9234 руб/га, что выше стандарта Фаленская 4 на 2030 руб/га. Общая рентабельность при внедрении сорта – 61 %, стандарта – 48 %. Повышенная устойчивость к полеганию дополнительно снижает энергозатраты при уборке. В условиях нейтральных почв рентабельность сорта Кипрез получена на уровне стандарта Фаленская 4.

Заключение. На основании проведенных исследований в ФАНЦ Северо-Востока разработана схема селекционного процесса с применением периодического направленного отбора в

естественных полевых условиях жесткого провокационного фона. Несмотря на трудоемкость и длительность проведения отбора на естественном провокационном фоне по кислотности почвы и патогенной инфекции данный метод является результативным в селекции озимой ржи, так как позволяет создавать сорта, сочетающие алюмо- и кислототолерантность с высокой зимостойкостью, обеспечивая формирование стабильной урожайности зерна в условиях нерегулируемых факторов среды.

Создан первый в стране алюмотолерантный сорт озимой ржи Кипрез, сочетающий высокую устойчивость к кислым почвам с комплексом хозяйственно полезных признаков. Сорт рекомендован для возделывания на низкоплодородных почвах, что важно для условий северного земледелия. Получен патент на селекционное достижение⁴.

Внедрение в производство кислотоустойчивого сорта озимой ржи Кипрез, максимально адаптированного к условиям Северо-Востока европейской части России, является экономически выгодным, так как позволяет практически расходовать производственные ресурсы и с наименьшими затратами получать стабильные урожаи зерна на почвах с низким плодородием в сложных климатических условиях.

⁴Кедрова Л. И., Савельев Ю. П., Уткина Е. И., Шляхтина Е. А., Парфенова Е. С., Шамова М. Г., Микрюкова Л. М., Новикова Е. Я. Рожь озимая Кипрез: пат. на селекционное достижение № 10734 (Российская Федерация). №70449: заявл. 14.11.2016; опубл. 02.12.2019.

Список литературы

1. Яковлева О. В. Фитотоксичность ионов алюминия. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018;179(3):315-331. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36808596>
2. Некрасов Р. В., Овчаренко М. М., Аканова Н. И. Агроэкологические основы химической мелиорации почв. Земледелие. 2019;(4):3-7. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/agroekologicheskie-osnovy-himicheskoy-melioratsii-pochv/viewer>
3. Кедрова Л. И., Уткина Е. И. Влияние почвенной кислотности на урожайность озимой ржи и возможности эдафической селекции. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018;(67(6)):17-25. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.67.6.17-25>
4. Молодкин В. Н., Бусыгин А. С. Плодородие пахотных почв Кировской области. Земледелие. 2016;(8):16-18. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/plodorodie-pahotnykh-kirovskoy-oblasti-pochv/viewer>
5. Bojórquez-Quintal E., Escalante-Magaña C, Echevarría-Machado I., Martínez-Estévez M. Aluminum, a friend or foe of higher plants in acid soils. *Frontiers in plant science*. 2017;(8):1767. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01767>
6. Schmitt M., Boras S., Tjoa A., Watanabe T., Jansen S. Aluminium accumulation and intra-tree distribution patterns in three arbor aluminosa (*Symplocos*) species from Central Sulawesi. *PLOS ONE*. 2016; (11):e0149078. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149078>
7. Pilon-Smits E. A. H., Quinn C. F., Tapken W., Malagoli M., Schiavon M. Physiological functions of beneficial elements. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2009; (12): 267-274. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.04.009>
8. Югай А. М. Эффективность производства и уровень кислотности почв. Вестник АПК Верхневолжья. 2015;(4(32)):3-8. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25805965>
9. Шляхтина Е. А., Уткина Е. И., Кедрова Л. И. Влияние почвенно-климатических условий на зимостойкость и урожайность озимой ржи. Зернобобовые и крупяные культуры. 2017;(2(22)):111-115. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29331855>
10. Семирханова О. Н., Петрякова С. Ю. Обоснование направлений развития сельскохозяйственного предприятия на инновационной основе. *Инновационная наука*. 2015;(1(3)):183-185. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23161080>
11. Shupletsova O. N., Shchennikova I. N., Shirokikh I. G. Creation of Barley Genotypes with Complex Resistance to Edaphic Stresses by Methods of Cell Culture. *Russian Agricultural Sciences*. 2015;41(4):102-106. DOI: <https://doi.org/10.3103/S106836741502024X>
12. Карманенко Н. М. Сортовая реакция зерновых культур на низкие температуры, условия закисления и ионы алюминия. *Сельскохозяйственная биология*. 2014;49(5):66-77. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22488366>
13. Лисицын Е. М. Показатели развития корневых систем в эдафической селекции ячменя. Зернобобовые и крупяные культуры. 2018; (2(26)):66-71. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35034143>

References

1. Yakovleva O. V. *Fitotoksichnost' ionov alyuminiya*. [Phytotoxicity of aluminum ions]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i seleksii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2018;179(3):315-331. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36808596>
2. Nekrasov R. V., Ovcharenko M. M., Akanova N. I. *Agroekologicheskie osnovy khimicheskoy melioratsii pochv*. [Agroecological foundation of chemical amelioration of soils]. *Zemledelie*. 2019;(4):3-7. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/agroekologicheskie-osnovy-himicheskoy-melioratsii-pochv/viewer>
3. Kedrova L. I., Utkina E. I. *Vliyanie pochvennoy kislotnosti na urozhaynost' ozimoy rzhi i vozmozhnosti edaficheskoy seleksii*. [The influence of soil acidity on the yield of winter rye and the possibility of edaphic selection]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2018;(67(6)):17-25. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.67.6.17-25>
4. Molodkin V. N., Busygin A. S. *Plodorodie pakhotnykh pochv Kirovskoy oblasti*. [Fertility of arable soils of Kirov region]. *Zemledelie*. 2016;(8):16-18. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/plodorodie-pahotnykh-kirovskoy-oblasti-pochv/viewer>
5. Bojórquez-Quintal E., Escalante-Magaña C, Echevarría-Machado I., Martínez-Estévez M. Aluminum, a friend or foe of higher plants in acid soils. *Frontiers in plant science*. 2017;(8):1767. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01767>
6. Schmitt M., Boras S., Tjoa A., Watanabe T., Jansen S. Aluminium accumulation and intra-tree distribution patterns in three arbor aluminosa (*Symplocos*) species from Central Sulawesi. *PLOS ONE*. 2016; (11):e0149078. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149078>
7. Pilon-Smits E. A. H., Quinn C. F., Tapken W., Malagoli M., Schiavon M. Physiological functions of beneficial elements. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2009; (12): 267-274. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.04.009>
8. Yugay A. M. *Effektivnost' proizvodstva i uroven' kislotnosti pochv*. [Production efficiency and level of acidity of soils]. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya* = Bulletin of the AIC of the Upper Volga. 2015;(4(32)):3-8. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25805965>
9. Shlyakhtina E. A., Utkina E. I., Kedrova L. I. *Vliyanie pochvenno-klimaticheskikh usloviy na zimostoykost' i urozhaynost' ozimoy rzhi*. [Influence of soil-and-climatic conditions on winter rye productivity winter hard]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* = Legumes and Groat Crops. 2017;(2(22)):111-115. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29331855>

10. Semirkhanova O. N., Petryakova S. Yu. *Obosnovanie napravleniy razvitiya sel'skokhozyaystvennogo predpriyatiya na innovatsionnoy osnove*. [Substantiation of the development of an agricultural enterprise on an innovative basis. In-innovation science]. *Innovatsionnaya nauka*. 2015;(1(3)):183-185. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23161080>

11. Shupletsova O. N., Shchennikova I. N., Shirokikh I. G. Creation of Barley Genotypes with Complex Resistance to Edaphic Stresses by Methods of Cell Culture. *Russian Agricultural Sciences*. 2015;41(4):102-106. DOI: <https://doi.org/10.3103/S106836741502024X>

12. Karmanenko N. M. *Sortovaya reaktsiya zernovykh kul'tur na nizkie temperatury, usloviya zakisleniya i iony alyuminiya*. [Response to low temperature, soil acidification and aluminium in the varieties of cereal crops]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2014;49(5):66-77. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22488366>

13. Lisitsyn E. M. *Pokazateli razvitiya kornevykh sistem v edaficheskoy selektsii yachmenya*. [Indexes of root system development for barley edaphic breeding]. *Zernobovoye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*. 2018; (2(26)):66-71. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35034143>

Сведения об авторах

✉ **Уткина Елена Игоревна**, доктор с.-х. наук, зав. отделом озимой ржи, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5650-6906>, e-mail: utkina.e.i@mail.ru

Кедрова Лидия Ивановна, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой ржи, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9840-860X>

Шляхтина Елена Анатольевна, мл. научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой ржи, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2600-3042>

Парфенова Елена Сергеевна, кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и первичного семеноводства озимой ржи, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8919-4056>

Набатова Наталья Александровна, мл. научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой ржи, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3845-0168>

Шамова Марина Геннадьевна, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой ржи, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4991-1510>

Information about the authors

✉ **Elena I. Utkina**, DSc in Agricultural science, leading researcher, Head of the Department of Winter Rye, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5650-6906>, e-mail: utkina.e.i@mail.ru

Lidiya I. Kedrova, DSc in Agricultural science, chief researcher, the Laboratory of Winter Rye Breeding and Primary Seed Growing, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9840-860X>

Elena A. Shlyakhtina, junior researcher, the Laboratory of Winter Rye Breeding and Primary Seed Growing, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2600-3042>

Elena S. Parfenova, PhD in Agricultural science, Head of the Laboratory of Winter Rye Breeding and Primary Seed Growing, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8919-4056>

Natalya A. Nabatova, junior researcher, the Laboratory of Winter Rye Breeding and Primary Seed Growing, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3845-0168>

Marina G. Shamova, PhD in Agricultural science, researcher, the Laboratory of Winter Rye Breeding and Primary Seed Growing, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4991-1510>

✉ – Для контактов / Corresponding author