

ISSN 1817-7204 (Print)
ISSN 1817-7239 (Online)

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА
AGRICULTURE AND PLANT CULTIVATION

УДК 633.14«324»:631.526.325:631.527.52(476)
<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-2-115-123>

Поступила в редакцию 25.02.2025
Received 25.02.2025

Э. П. Урбан, С. И. Гордей

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию,
Жодино, Республика Беларусь*

**СОСТОЯНИЕ СЕЛЕКЦИИ, ОСОБЕННОСТИ СЕМЕНОВОДСТВА
И ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГИБРИДОВ F₁ ОЗИМОЙ РЖИ
(*SECALE CEREALE* L.)**

Аннотация. В настоящее время идет активное внедрение в сельскохозяйственное производство Республики Беларусь гибридов первого поколения (F₁) озимой ржи. За последние семь лет доля гибридов F₁ ржи увеличилась с 1 до 12 % от всей посевной площади этой культуры. За счет эффекта гетерозиса в первом поколении гибриды могут на 15–20 % превосходить по урожайности популяционные сорта. Вместе с тем необходимо учитывать, что такое превышение возможно обеспечить только при строгом соблюдении всех элементов технологии возделывания. Изложено состояние селекции гибридов F₁ озимой ржи в Беларуси, основные требования эффективного их выращивания в условиях сельскохозяйственных предприятий Беларуси. Представлены способы размножения родительских компонентов и получения семян линейно-популяционных гибридов F₁. Показаны риски и потери урожайности при выращивании гибридов озимой ржи в поколении F₂. Использовать резерв повышения урожайности за счет эффекта гетерозиса у гибридов F₁ в условиях Беларуси особенно важно в Гродненской, Брестской, Минской областях, где имеются весомые экономические и экологические предпосылки для возделывания гибридов F₁ озимой ржи. Рекомендуемая площадь посева гибридов F₁ в Беларуси с учетом сложившейся структуры посевных площадей, а также почвенно-климатических условий должна составлять 10–12 % от общей площади посева озимой ржи.

Ключевые слова: селекция, озимая рожь, сорт, образец, генотип, гетерозис, гибрид F₁, урожайность, качество, адаптивность, зимостойкость, короткостебельность, гомеостаз

Для цитирования: Урбан, Э. П. Состояние селекции, особенности семеноводства и технологии возделывания гибридов F₁ озимой ржи (*Secale cereale* L.) / Э. П. Урбан, С. И. Гордей // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2025. – Т. 63, № 2. – С. 115–123. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-2-115-123>

Eroma P. Urban, Stanislau I. Hardzei

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming,
Zhodino, Republic of Belarus*

**STATE OF BREEDING, FEATURES OF SEED PRODUCTION AND CULTIVATION TECHNOLOGY
OF F₁ WINTER RYE HYBRIDS (*SECALE CEREALE* L.)**

Abstract. At present, there is an active introduction of F₁ winter rye hybrids into agricultural production in the Republic of Belarus. Over the past seven years, the share of F₁ rye hybrids has increased from 1 to 12 % of the total sown area of this crop. Due to the effect of heterosis in the first generation, hybrids can be 15–20 % higher in yield than population varieties. At the same time, it must be taken into account that such an excess can only be achieved with strict adherence to all elements of cultivation technology. The paper describes the state of breeding of F₁ winter rye hybrids in Belarus, and the basic requirements for their effective cultivation in the conditions of agricultural enterprises in Belarus. Methods of parental components multiplication and obtaining seeds of linear-population F₁ hybrids are presented. The risks and yield losses when growing winter rye hybrids in the F₂ generation are shown. Using the reserve for increasing productivity due to the effect of heterosis in F₁ hybrids in the conditions of Belarus is especially important in the Grodno, Brest, and Minsk regions, where there are significant economic and environmental prerequisites for cultivating of F₁ winter rye hybrids. The recommended sowing area for F₁ hybrids in Belarus, taking into account both the current structure of sown areas and soil and climatic conditions, should be about 10–12 % of the total area of winter rye.

Keywords: breeding, winter rye, variety, sample, genotype, heterosis, F_1 hybrid, productivity, quality, adaptability, winter hardiness, short stemness, homeostasis

For citation: Urban E. P., Hardzei S. I. State of breeding, features of seed production and cultivation technology of F_1 winter rye hybrids (*Secale cereale* L.) // *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk* = *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2025, vol. 63, no. 2, pp. 115–123 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-2-115-123>

Введение. В связи с растущим уровнем интенсификации сельскохозяйственного производства ставится задача по созданию сортов и гибридов озимой ржи, которые имели бы высокую и стабильную продуктивность и генетическую защиту от неблагоприятных условий внешней среды. На основании современных требований нами разработана стратегия селекции озимой ржи. В селекционных исследованиях предусматривается скрининг мирового генотипа, выделение источников и создание доноров селекционно-ценных признаков, использование методов экспериментальной полиплоидии, гибридизации, целенаправленное формирование сложных гибридных популяций, выведение гетерозисных гибридов F_1 на основе цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС). Программой исследований предусматривается создание новых сортов с более широким спектром адаптивности, повышенной устойчивостью к наиболее опасным болезням, вредителям, полеганию, абиотическим стрессам. Только в этом случае потенциальную продуктивность созданных сортов и гибридов удастся реализовать более полно [1].

В системе адаптивной селекции методы создания гетерозисных гибридов заслуживают особого внимания. Гибриды первого поколения (F_1) в силу своей гетерозиготности имеют, как правило, более высокий экологический гомеостаз, что ведет к стабильности урожая. Получение селекционно-ценных инцухт-линий и системы ЦМС на основе разнообразного материала дает возможность более эффективно использовать генетический потенциал сортовых популяций, создает предпосылки для повышения урожайности озимой ржи на 10–15 % и генетической защиты ее от воздействия неблагоприятных условий среды. Окупаемость затрат по гетерозисной селекции идет не только за счет прибавки урожая от эффекта гетерозиса, но и в результате увеличения отзывчивости гибридов (по сравнению с популяционными сортами) на различные приемы возделывания, создаваемые агротехникой [2].

В последние годы в Беларуси произошло значительное обновление сортимента озимой ржи, создан ряд высокопродуктивных сортов и гибридов с укороченным стеблем, зимостойких, с повышенной устойчивостью к полеганию и прорастанию зерна на корню. В Государственный реестр сортов Республики Беларусь (далее – государственный реестр) на 2025 г. включено 48 сортов и гибридов F_1 ржи, из них 18 отечественных популяционных сортов и 4 гибрида F_1 , а также 3 популяционных сорта и 23 гибрида F_1 иностранной селекции [3].

В процессе государственного сортоиспытания в условиях Беларуси получена урожайность гибридов F_1 на уровне 80–100 ц/га и выше [4].

Гибридная рожь в настоящее время приобретает все большую популярность, особенно в европейских странах, например в Германии, Дании. В Германии в последние годы гибриды занимают около 60 % всех посевов ржи, а средняя урожайность их составляет 52,0 ц/га. В Польше при общей площади посева ржи в 1,2 млн га гибридная рожь высевается на площади только 180–200 тыс. га (15–17 %).

В Беларуси гибридная рожь в 2024 г. высеяна на площади около 30 тыс. га. Популяционные сорта диплоидной и тетраплоидной ржи белорусской селекции занимают около 88 % посевных площадей, отводимых под эту культуру в нашей стране.

Несмотря на то что новые популяционные сорта ржи отличаются относительно высоким потенциалом урожайности (70–75 ц/га), устойчивостью к полеганию, в меньшей степени поражаются грибными болезнями, все же следует признать, что многие проблемы, касающиеся короткостебельности, устойчивости к полеганию, озерненности колоса, скороспелости, улучшения хлебопекарных и кормовых качеств, пока решены не полностью. Относительно

медленный прогресс в селекции сортов популяций озимой ржи объясняется в основном использованием традиционных методов массового, индивидуального и семейного отборов, при которых отбираемый генотип контролируется только по материнской линии, а отцовский остается неизвестным.

По оценкам немецких исследователей, в странах Евросоюза стоимость гибридных семян на 50–100 % выше стоимости семян обычных популяционных сортов. Для покрытия издержек урожайность гибридов озимой ржи должна быть выше по отношению к популяционным сортам не менее чем на 5–8 ц/га [5].

Материалы и методы исследования. В Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию разработаны, адаптированы к почвенно-климатическим условиям Беларуси методы создания родительских компонентов гибридов F_1 ржи с использованием источников ЦМС, самофертильности из популяций разного экологического происхождения. Отработаны методики размножения материнских, отцовских компонентов и получения гибридных семян озимой ржи, которые включают следующие питомники.

Питомник поддержания материнских мужских стерильных компонентов (МС-компонентов). Основные задачи питомника: поддержание МС-форм в чистом виде; самоопыление закрепителей стерильности (ЗС); выявление и удаление фертильных растений среди МС-аналогов.

Посев в питомнике проводится селекционной кассетной сеялкой или вручную двухстрочным способом: один ряд – МС-форма, следующий ряд – закрепитель стерильности. Расстояние между рядами – 30 см, в ряду между растениями – 10–15 см. Разреженный посев способствует повышению продуктивной кустистости растений, а также позволяет своевременно выявить и удалить фертильные генотипы среди МС-аналогов, подобрать наиболее продуктивное растение для парных скрещиваний.

В питомнике проводятся парные скрещивания мужских стерильных аналогов с закрепителями стерильности по отдельным растениям: одно растение МС-аналога и одно растение закрепителя стерильности. Для обеспечения достаточного количества семян изолируются 2 000–2 500 пар растений, но не менее 1 000.

Питомники размножения МС-компонентов. Первый и второй циклы размножения проводятся на изолированных участках широкополосным методом селекционной сеялкой поделочно в соотношении 3 : 1 (на три делянки материнской формы высевается одна отцовская). Основной вид работ при размножении МС-компонента – выявление и удаление до цветения фертильных растений.

Размножение МС-компонентов в третьем цикле проводится в больших объемах по сравнению с предыдущими циклами. Посев осуществляется широкополосным способом по схеме 25–30 м (МС-аналог) и 3,0–3,5 м (ЗС). Направление посева производится с учетом розы ветров.

Получение гибридных семян проводится методом посева смеси семян, состоящей из 90 % материнского МС-компонента и 10 % отцовского компонента (популяционный сорт – восстановитель фертильности). Посев проводится узкорядным способом с нормой высева 2–3 млн всхожих семян на 1 га (70–110 кг/га).

Результаты и их обсуждение. В результате совместной работы с селекционной фирмой «КВС Лохов» (Германия) в Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию созданы первые экспериментальные линейно-популяционные гибриды F_1 озимой диплоидной ржи Лобел 103 и Галинка, которые в конкурсном сортоиспытании по урожайности превысили стандарт на 8,0–14,4 ц/га. С 2011 г. в государственный реестр сортов нашей страны включен первый белорусский гибрид F_1 ржи Плиса, а с 2022 г. – белорусский гибрид F_1 Белги.

В отличие от популяционных сортов ржи у гибрида Белги F_1 более высокий уровень урожайности достигается за счет использования эффекта гетерозиса в первом поколении. Высота растений – 1,20–1,25 м. Характеризуется высокой устойчивостью к полеганию (8–9 баллов), зимостойкостью (85–95 %). Масса 1 000 зерен составляет 35,7–37,9 г, натура зерна – 640–695 г/л, «число падения» – 245–270 с. Гибрид F_1 озимой ржи Белги может возделываться для хлебопекарных и кормовых целей, а также в качестве моноорма для животных в зеленом конвейере.

Линейно-популяционные гибриды F_1 озимой ржи характеризуются короткостебельностью, устойчивостью к полеганию, повышенной озерненностью колоса, формируют более плотный стеблестой к моменту уборки, что обеспечивает повышение урожайности [6]. Однако создание высокогетерозисных гибридов озимой ржи еще недостаточно для внедрения их в производство. В значительной мере это зависит от стоимости семян гибридов F_1 .

Гибриды F_1 являются продуктом скрещивания генетически отдаленных родительских инбредных линий, благодаря чему возникает гибридная сила, которая называется гетерозис, создаются предпосылки для повышения урожайности озимой ржи на 15–20 % и более, генетической защиты ее от воздействия неблагоприятных условий среды [7]. Однако в последующих поколениях (F_2 , F_3 и т. д.) из-за расщепления эффект гетерозиса теряется и, как следствие, снижается урожайность и устойчивость к неблагоприятным факторам среды и болезням [8].

Стоит 1 т семян гибридов F_1 немецкой селекции в пределах 1 500–1 600 евро (5,0–5,3 тыс. руб.), в то время как стоимость оригинальных семян питомников размножения популяционных сортов озимой ржи белорусской селекции (Офелия, Голубка, Улисса, Жалейка, Камея 16, Росана и др.) составляет 1,1 тыс. руб. Это более чем в 4 раза дешевле, а стоимость элитных семян популяционных сортов в 6 и более раз меньше. При этом указанные сорта можно возделывать в производстве 4–5 лет, а гибриды F_1 – только 1 год.

Многолетние исследования, проведенные с гибридами F_1 озимой ржи в Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию, показали, что наиболее оптимальная норма высева гибридов для почвенно-климатической зоны Беларуси составляет 2,0–3,0 млн штук всхожих семян на 1 га (70–110 кг/га, в зависимости от массы 1 000 семян). Так как стоимость семенного материала гибридов ржи немецкой селекции составляет около 50–60 евро за одну посевную единицу (1 посевная единица равна 1,0 млн шт. всхожих семян), то для покрытия разницы стоимости семян необходимо получить прибавку урожая не менее 10 ц/га при уровне урожайности не ниже 50 ц/га.

Семеноводство гибридов ржи включает ряд питомников, требующих строгой пространственной изоляции (не менее 1 500 м) не только между другими посевами ржи, но и между питомниками семеноводства.

Расчеты показывают, что практическая реализация указанной схемы позволяет на пятый год довести посевные площади семенных участков гибридной ржи до 200–250 га, что обеспечит получение гибридных семян в количестве 1,1–1,5 тыс. т для посева на площади 6 000 га (табл. 1).

Таблица 1. Схема получения семян линейно-популяционных гибридов F_1 озимой ржи в питомниках семеноводства

Table 1. Scheme for obtaining seeds of linear-population F_1 winter rye hybrids in seed nurseries

Год	Наименование питомника	Число пар скрещивания, тыс. пар	Площадь, га	Урожайность семян	Валовой сбор семян, кг	Страховой фонд, кг	Использование для посева, кг	Норма высева, кг/га
<i>Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию</i>								
Первый	Питомник поддержания материнских МС-компонентов	2,0–2,5	–	3,5–5,0 г/раст	7,0	3,5	3,5	80–100
Второй	Размножение МС-компонентов (1-й цикл)	–	0,035	35–40 ц/га	122,0	61,0	61,0	70–100
Третий	Размножение МС-компонентов (2-й цикл)	–	0,61	35–40 ц/га	220,0	110,0	110,0	70–100

Окончание табл. 1

Год	Наименование питомника	Число пар скрещивания, тыс. пар	Площадь, га	Урожайность семян	Валовой сбор семян, кг	Страховой фонд, кг	Использование для посева, кг	Норма высева, кг/га
Четвертый	Размножение МС-компонентов (3-й цикл)	–	11,3	35–40 ц/га	40 000,0	4 000,0	36 000,0	70–110
<i>Опытные станции, элитхозы</i>								
Пятый	Получение гибридных семян (♀ 90 : ♂ 10)	–	240	45–50 ц/га	1 100 000,0	100 000,0	1 100 000	70–110
<i>Сельскохозяйственные предприятия</i>								
Шестой	Производственный посев гибридов	–	6 000	60–70 ц/га	36 000 000,0	Реализация		

В Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию разработаны основные элементы технологии возделывания гибридов F_1 для экологических условий Республики Беларусь.

В первую очередь следует отметить, что гибриды F_1 ржи более требовательны к почвенному плодородию по сравнению с популяционными сортами, их не следует выращивать на бедных песчаных почвах [9–11]. Кроме того, для реализации потенциала урожайности гибридов F_1 ржи необходимо строго соблюдать все элементы технологии возделывания, особенно что касается применения удобрений и средств защиты.

Фосфорные и калийные удобрения вносятся под основную обработку почвы в дозах согласно технологическому регламенту [12].

В табл. 2 приведен рекомендуемый регламент применения азотных удобрений и средств защиты в весенне-летний период на уровень урожайности не менее 70 ц/га для дерново-подзолистых, дерново-карбонатных супесчаных и суглинистых почв на морене со следующими агрохимическими параметрами: pH – 5,5–6,0; содержание гумуса – не менее 1,8 %, подвижного фосфора и обменного калия – от 150 мг/кг почвы. Рекомендуемые сроки сева – 15.09–05.10, норма высева – 70–110 кг/га (2–3 посевные единицы).

Таблица 2. Основные элементы технологии возделывания гибридов F_1 озимой ржиTable 2. The main elements of F_1 winter rye hybrids cultivating technology

Элементы технологии	Фаза развития	Доза внесения
Удобрения	(25) – кущение (весной)	70–80 кг/га д. в. N
	(32) – начало выхода в трубку	30–40 кг/га д. в. N
	(37) – появление флагового листа	30–40 кг/га д. в. N
Гербициды	(13) – 3 листа	В соответствии с Государственным реестром средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь
	(25) – кущение	
Регуляторы роста	(25) – середина кущения	
	(32) – середина выхода в трубку	
	(37) – появление флагового листа	
Фунгициды	(32) – середина выхода в трубку	
	(51) – начало колошения	
Инсектициды	(13) – 3 листа	
	(55) – колошение	
Дополнительно микроэлементы	(25) – кущение	
	(34) – стадия 4-го узла	

Производство зерна гибридной ржи в настоящее время не сдерживают биологические и экономические проблемы. Трудности ее внедрения в производство носят чисто организационный характер.

Целесообразность выращивания гибридной ржи F_2 . В научной литературе имеется ряд публикаций о нецелесообразности использования семян для пересева гибридов F_1 различных культур (в том числе и ржи) на поколение F_2 . В Польше исследователями Лапинским и Стояловским [13] выявлено, что снижение урожайности при использовании F_2 гибрида ржи наблюдалось в пределах 14 %.

В хозяйстве ООО «Яворское» (Харьковская обл.) на высокоплодородных почвах – черноземах урожайность F_1 гибридной ржи Пикассо селекции «КВС Лохов» составила 60, а F_2 – 35 ц/га, то есть на 25 ц/га, или на 41,7 %, ниже по сравнению с F_1 .

В течение 2010–2012 гг. компания «КВС Лохов» провела более 20 опытов по испытанию гибрида Палаццо. Снижение урожайности составило от 12 до 32 %, в зависимости от места и года проведения исследований. В основном наблюдалось падение урожайности на 18–20 %.

В Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию в течение 2006–2008 гг. проводились исследования по пересеву гибрида белорусской селекции Лобел 103 на репродукцию F_2 . Установлено, что урожайность в среднем за три года исследований составила: в поколении F_1 – 73,4 ц/га, в поколении F_2 – 58,8 ц/га, то есть на 14,6 ц/га ниже.

В 2018 г. в производственном опыте ОАО «Александровское» Шкловского района на площади 52 га испытывались отечественный популяционный сорт озимой ржи Голубка и гибрид F_1 иностранной селекции КВС Боно (Германия). Снижение фактической урожайности гибрида F_1 КВС Боно при посеве семян F_2 составило 10,3 ц/га по причине снижения продуктивной кустистости, озерненности колоса, резкого увеличения поражения спорыньей из-за нехватки пыльцы во время цветения [7, 14, 15].

В 2024 г. на опытном поле Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию был заложен опыт по пересеву гибрида F_1 Белги на поколение F_2 . К моменту цветения в поколении F_2 наблюдалось сильное расщепление по высоте растений с разницей до 50 см (рисунок) и выщепление в больших количествах мужских стерильных растений, что привело к черездернице и снижению урожайности.



Состояние посева гибрида F_2 Белги на 31.05.2024 г.

State of the plot of F_2 hybrid Belgii on 31.05.2024

Как видно из результатов исследований, во всех случаях, независимо от места испытания и года, урожайность гибридов F_2 была ниже по сравнению с F_1 . Так, в благоприятные годы

падение урожайности может составить 15–20 %, а при неблагоприятных условиях оно может достигать 30–32 %. Поэтому риск потери урожая, а следовательно, и прибыли от выращивания гибридной ржи F_2 всегда есть. Основные причины, по которым не рекомендуется выращивать гибридную рожь F_2 : 1) снижение урожайности на 15–35 %; 2) нехватка пыльцы, приводящая к череззернице и сильному поражению спорыньей (*Claviceps purpurea*); 3) снижение устойчивости к болезням ржи; 4) существенное расщепление по высоте растений.

Заклучение. В благоприятные годы с нормальным количеством осадков при строгом соблюдении технологических регламентов выращивания в производственных условиях гибриды F_1 озимой ржи способны в среднем на 15–20 % превышать по урожайности популяционные сорта. Использовать этот резерв повышения урожайности в условиях Беларуси особенно важно в Гродненской, Брестской, Минской областях, где имеются весомые экономические и экологические предпосылки для возделывания гибридов F_1 озимой ржи. Научно рекомендуемая площадь посева гибридов F_1 в Беларуси с учетом почвенно-климатических условий и сложившейся структуры посевных площадей – 10–12 % от общей площади посева озимой ржи (25–30 тыс. га). Посев гибридов второго поколения нецелесообразен по указанным выше причинам.

Благодарности. Работы по созданию новых сортов и гибридов озимой ржи и усовершенствованию методов селекционного процесса и технологии возделывания выполнялись в рамках следующих программ: Государственная научно-техническая программа «Агропромкомплекс – возрождение и развитие села», Государственная научно-техническая программа «Агропромкомплекс-2020» подпрограмма «Агропромкомплекс – эффективность и качество», Государственная программа «Импортозамещение», Государственная программа «Инновационные биотехнологии» на 2009–2011 годы и на период до 2015 года, подпрограмма «Сельскохозяйственная биотехнология (растениеводство)», Государственная программа научных исследований «Инновационные технологии в АПК», Государственная программа «Наукоёмкие технологии и техника» на 2021–2025 годы, подпрограмма 1 «Инновационные биотехнологии – 2025», Государственная программа научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства».

Acknowledgments. Work on development of new varieties and hybrids of winter rye and improvement methods of the breeding process and cultivation technology was carried out within the framework of various programs: State Scientific and Technical Program “Agro-industrial complex – revival and development of rural area”, State Scientific and Technical Program “Agro-industrial complex – 2020”, Subprogram “Agro-industrial complex – efficiency and quality”, State Program “Import substitution”, State Program “Innovative biotechnologies” for 2009–2011 and for the period until 2015, Subprogram “Agricultural biotechnology (Crop production)”, State Scientific Research Program “Innovative technologies in the agro-industrial complex”, State Program “Knowledge-intensive technologies and equipment” for 2021–2025, Subprogram 1 “Innovative biotechnologies – 2025”, State Scientific Research Program “Quality and efficiency of agricultural production”.

Список использованных источников

1. Урбан, Э. П. Озимая рожь в Беларуси: селекция, семеноводство, технология возделывания / Э. П. Урбан. – Минск: Беларус. навука, 2009. – 269 с.
2. Урбан, Э. П. Селекция и проблемы возделывания гетерозисных гибридов F_1 озимой ржи в Республике Беларусь / Э. П. Урбан, С. И. Гордей // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2018. – Т. 56, № 4. – С. 448–455.
3. Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений; отв. ред. В. А. Бейня. – Минск: ИВЦ Минфина, 2024. – 292 с.
4. Результаты испытания сортов сельскохозяйственных растений на хозяйственную полезность в Республике Беларусь за 2021–2023 годы / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск: ИВЦ Минфина, 2024. – Ч. 1: Озимые, яровые зерновые, зернобобовые и крупяные сельскохозяйственные растения / [сост.: Е. М. Лобан и др.]. – 157 с.
5. Roggen – Getreide mit Zukunft / Roggenforum e. V. – Frankfurt: DLG Verlag, 2007. – 190 s.
6. Geiger, H. H. Hybrid rye and heterosis / H. H. Geiger, T. Miedaner // Genetics and exploitation of heterosis in crops / ed.: J. G. Coors, S. Pandey. – Madison, 1999. – P. 439–450. <https://doi.org/10.2134/1999.geneticsandexploitation.c41>
7. Breeding progress, variation, and correlation of grain and quality traits in winter rye hybrid and population varieties and national on-farm progress in Germany over 26 years / F. Laidig, H.-P. Piepho, D. Rentel [et al.] // Theoretical and Applied Genetics. – 2017. – Vol. 130, № 5. – P. 981–998. <https://doi.org/10.1007/s00122-017-2865-9>

8. Optimum breeding strategies using genomic selection for hybrid breeding in wheat, maize, rye, barley, rice and triticale / J. Marulanda, X. Mi, A. E. Melchinger [et al.] // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2016. – Vol. 129, № 10. – P. 1901–1913. <https://doi.org/10.1007/s00122-016-2748-5>
9. Гордей, С. И. Селекционно-генетические основы и практические результаты использования гетерозиса у ржи (*Secale cereale* L.) / И. С. Гордей, Э. П. Урбан // *Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию*. – Минск, 2011. – Вып. 47. – С. 214–224.
10. Озимая рожь / Э. П. Урбан, С. И. Гордей, Д. Ю. Артюх [и др.] // *Генетические основы селекции растений: в 4 т. / НАН Беларуси, Ин-т генетики и цитологии; науч. ред.: А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева*. – 2-е изд., испр., перераб. и доп. – Минск, 2020. – Т. 2: Частная генетика растений, гл. 3. – С. 155–215.
11. Hardzei, S. Heterosis in rye / S. Hardzei // *Symposium on plant breeding for the future, October 21, 2011, Geneva, Switzerland / Intern. Union for the Protection of New Varieties of Plants*. – Geneva, 2012. – P. 24–28.
12. Возделывание озимой ржи. Типовые технологические процессы: отраслевой регламент // *Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных, кормовых и технических растений: сб. отраслевых регламентов / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию; рук. работы: Ф. И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова*. – Минск, 2022. – С. 19–30.
13. Виробничі ризики вирощування гібридного жита F2 // *Пропозиція*. – 2015. – № 6. – С. 70–72. – URL: <https://propozitsiya.com/proizvodstvennye-riski-vyrashchivaniya-gibridnoy-rzhi-f2> (дата обращения: 03.02.2025).
14. Урбан, Э. П. Результаты сравнительного изучения элементов технологии возделывания популяционного сорта и гибридов F₁ озимой ржи / Э. П. Урбан, С. И. Гордей, Д. Ю. Артюх // *Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию*. – Минск, 2023. – Вып. 59. – С. 80–87.
15. Селекция гибридов озимой ржи на основе ЦМС типа Пампа / А. А. Гончаренко, А. В. Макаров, С. А. Ермаков [и др.] // *Российская сельскохозяйственная наука*. – 2021. – № 2. – С. 14–19. <https://doi.org/10.31857/S2500262721020034>

References

1. Urban E. *Winter rye in Belarus: breeding, seed production, cultivation technology*. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2009. 269 p. (in Russian).
2. Urban E. P., Gordei S. I. Breeding and problems of cultivation of winter rye F₁ heterosis hybrids in the Republic of Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2018, vol. 56, no. 4, pp. 448–455 (in Russian).
3. State Inspectorate for Testing and Protection of Plant Varieties. *State register of agricultural plant varieties*. Minsk, Information and Computing Centre of the Ministry of Finance, 2024. 292 p. (in Russian).
4. State Inspectorate for Testing and Protection of Plant Varieties. *Results of testing of agricultural plant varieties for economic utility in the Republic of Belarus for 2021–2023. Part 1. Winter, spring grain crops, leguminous and cereal crops*. Minsk, Information and Computing Centre of the Ministry of Finance, 2024. 157 p. (in Russian).
5. Roggenforum e. V. *Roggen – Getreide mit Zukunft*. Frankfurt, DLG Verlag, 2007. 190 p. (in German).
6. Geiger H. H., Miedaner T. Hybrid rye and heterosis. *Genetics and exploitation of heterosis in crops*. Madison, 1999, pp. 439–450. <https://doi.org/10.2134/1999.geneticsandexploitation.c41>
7. Laidig F., Piepho H.-P., Rentel D., Drobek T., Meyer U., Huesken A. Affiliations expand breeding progress, variation, and correlation of grain and quality traits in winter rye hybrid and population varieties and national on-farm progress in Germany over 26 years. *Theoretical and Applied Genetics*, 2017, vol. 130, no. 5, pp. 981–998. <https://doi.org/10.1007/s00122-017-2865-9>
8. Marulanda J., Mi X., Melchinger A. E., Xu J.-L., Würschum T., Longin C. F. H. Optimum breeding strategies using genomic selection for hybrid breeding in wheat, maize, rye, barley, rice and triticale. *Theoretical and Applied Genetics*, 2016, vol. 129, no. 10, pp. 1901–1913. <https://doi.org/10.1007/s00122-016-2748-5>
9. Gordei S. I., Urban E. P. Selection and genetic basis and practical results of using heterosis in rye (*Secale cereale* L.). *Zemledelie i selektsiya v Belarusi: sbornik nauchnykh trudov* [Arable Farming and Plant Breeding in Belarus: collection of scientific papers]. Minsk, 2011, iss. 47, pp. 214–224 (in Russian).
10. Urban E. P., Gordei S. I., Artyukh D. Yu., Gordei I. S., Shimko V. E., Gordei I. A. Winter rye. *Genetic bases of plant breeding. Vol. 2. Private genetics of plants*. 2nd ed. Minsk, 2020, pp. 155–215 (in Russian).
11. Hardzei S. Heterosis in rye. *Symposium on plant breeding for the future, October 21, 2011, Geneva, Switzerland*. Geneva, 2012, pp. 24–28.
12. Cultivation of winter rye. Typical technological processes: industry regulations. *Organizational and technological standards for the cultivation of grain, leguminous, cereal, forage and industrial plants: a collection of industry regulations*. Minsk, 2022, pp. 19–30 (in Russian).
13. Production risks of growing F₂ hybrid rye. *Propozitsiya* [Offer], 2015, no. 6, pp. 70–72. Available at: <https://propozitsiya.com/proizvodstvennye-riski-vyrashchivaniya-gibridnoy-rzhi-f2> (accessed 03.02.2025) (in Ukrainian).

14. Urban E. P., Gordei S. I., Artiukh D. Yu. Results of a comparative study of the elements of cultivation technology for population variety and F1 hybrids of winter. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi: sbornik nauchnykh trudov* [Arable Farming and Plant Breeding in Belarus: collection of scientific papers]. Minsk, 2023, iss. 59, pp. 80–87 (in Russian).

15. Goncharenko A. A., Makarov A. V., Ermakov S. A., Semenova T. V., Tochilin V. N., Goncharenko M. S., Krakhmaleva O. A., Yashina N. A., Ratakhov A. I. Breeding of hybrids of winter rye on a basis a CMS of type Pampa. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka = Russian Agricultural Science*, 2021, no. 2, pp. 14–19 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S2500262721020034>

Информация об авторах

Урбан Эрома Петрович – член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, первый заместитель генерального директора по научной работе, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию (ул. Тимирязева, 1, 222160, Жодино, Минская обл., Республика Беларусь). <http://orcid.org/0000-0003-3736-4476>. E-mail: ozrozh@yandex.ru

Гордей Станислав Иванович – кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела зерновых колосовых культур, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию (ул. Тимирязева, 1, 222160, Жодино, Минская обл., Республика Беларусь). <https://orcid.org/0000-0001-7747-7403>. E-mail: hardzeisi@tut.by

Information about the authors

Eroma P. Urban – Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Dr. Sc. (Agriculture), Professor, First Deputy Director General for Research, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming (1, Timiryazeva St., 222160, Zhodino, Minsk Region, Republic of Belarus). <http://orcid.org/0000-0003-3736-4476>. E-mail: ozrozh@yandex.ru

Stanislau I. Hardzei – Ph. D. (Biology), Associate Professor, Leading Researcher of Cereal grain department, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming (1, Timiryazeva St., 222160, Zhodino, Minsk Region, Republic of Belarus). <https://orcid.org/0000-0001-7747-7403>. E-mail: hardzeisi@tut.by