

Растениеводство, защита и биотехнология растений

УДК 633.14:575.222.6.78

DOI: 10.31857/S2500262721020034

**СЕЛЕКЦИЯ ГИБРИДОВ ОЗИМОЙ РЖИ
НА ОСНОВЕ ЦМС ТИПА ПАМПА**

А.А. Гончаренко, академик РАН, **А.В. Макаров**, доктор сельскохозяйственных наук,
С.А. Ермаков, **Т.В. Семенова**, **В.Н. Точилин**, **М.С. Гончаренко**, кандидаты сельскохозяйственных наук,
О.А. Крахмалева, **Н.А. Яшина**, **А.И. Ратахов**

Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»,
143026, Московская обл., Одинцовский район, Новоивановское, ул. Агрохимиков, 6
E-mail: goncharenko05@mail.ru

Исследования проводили с целью создания высокогетерозисных межлинейных гибридов F₁ озимой ржи на основе ЦМС типа Пампа и выделения среди них высокоурожайных комбинаций с лучшим качеством зерна. Методом многократного инцухта самофертильных растений получено более 350 относительно высокопродуктивных и короткостебельных инбредных форм. На базе 40 лучших линий методом насыщающих скрещиваний созданы аналоги со стерильной цитоплазмой типа Пампа. Проведены межлинейные скрещивания и выделены линии с высокой общей и специфической комбинационной способностью, а также формы с полным восстановлением фертильности и закреплением стерильности. На базе инбредных линий, происходящих из саратовского (Н-1185, Н-1247) и вятского (Н-1423, Н-1432) генотипов, путем скрещивания простого межлинейного гибрида F₁ (сms Н-1185 × mf Н-1247) с двухлинейным синтетиком С-899/20 Rf (получен от скрещивания линий Н-1423 и Н-1432) создан перспективный коммерческий гибрид ржи Немчиновский 1. За годы конкурсного испытания (2017–2020 гг.) его средняя урожайность составила 6,4 т/га, превысив стандарт Валдай на 0,63 т/га, или 10,9 %. Преимущество достигалось благодаря более высокому числу колосьев на 1 м² (на 98 шт.). Средняя высота растений составляла 136 см, что на 3 см ниже стандарта. Благодаря прочному стеблю гибрид характеризуется лучшей устойчивостью к полеганию, а по зимостойкости и массе 1000 зерен находится на уровне стандарта. Немчиновский 1 отличается лучшими показателями качества зерна: стабильно превосходит стандарт по высоте амилограммы (на 64 е.а.), числу падения (на 41 с), температуре клейстеризации крахмала (на 1 °С), вязкости водного экстракта зернового шрота (на 0,7 сП), формоустойчивости подового хлеба (на 0,04 ед.).

**BREEDING OF HYBRIDS OF WINTER RYE
ON A BASIS A CMS OF TYPE PAMPA**

**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.**

Federal Research Center “Nemchinovka”,
143026, Moskovskaya oblast, Odintsovskiy rayon, Novoivanovskoye, Agrochemikov, 6
E-mail: goncharenko05@mail.ru

Results of breeding the heterotic hybrids F₁ of winter rye on a basis a CMS of type Pampa are stated. The method of a repeated inbreeding of self-fertile plants received more than 350 highly productive and the short-stem the inbred of forms. On the basis of 40 best lines the method of the backcrossings received sterile analogs with sterile cytoplasm type Pampa. Interlinear crossings are carried out and lines with high general and specific combinational ability, and also forms with a complete restorer of fertility and fixing of sterility are allocated. On base the inbred of the lines coming from Saratov (N-1185, N-1247) and Vyatka (N-1423, N-1432) of genopol by crossing of a simple interlinear hybrid of F₁ (cms N-1185 x mf N-1247) with a two-linear synthetic of C-899/20 Rf (it is received from crossing of the N-1423 and N-1432 lines) is created a perspective commercial hybrid of rye Nemchinovsky 1. For years of competitive test (2017-2020) average productivity of a hybrid made 6,4 t/hectare, having exceeded the Valdai standard on 0,63 t/hectare or 10,9 %. Advantage of a hybrid on productivity was reached due to higher density of ears on 1 sq.m (on 98 stalks). Average height of plants makes 136 cm that is 3 cm lower than the standard. Thanks to a strong stalk the hybrid has the best resistance to lodging and on winter hardiness and mass of 1000 grains is up to the standard. Differs in the best indicators of quality of grain: steadily surpasses the standard in amilogramma height (on 64 units), to falling number (on 41 s), starch kleysterization temperature (on 1° C), viscosity of water extract of grain meal (on 0,7 sP), stable form of toppling bread (on 0,04 units).

Ключевые слова: озимая рожь (*Secale cereale* L.), инбредная линия, гибрид, цитоплазматическая мужская стерильность, урожайность, качество зерна

Key words: winter rye (*Secale cereale* L.), inbred line, hybrid, cytoplasmatic male sterility, productivity, quality of grain

В истории земледелия России озимая рожь зарекомендовала себя как ценная и стратегически важная хлебная и кормовая культура [1]. Еще недавно, в начале XX в., она была лидирующей зерновой культурой в мире и возделывалась на площади 45 млн га, из которых на долю России приходилось 25 млн га, или 55 %. Однако в последние три десятилетия посевы ржи многократно сократились. В 2019 г. их площадь в России составила 850 тыс. га, а валовой сбор зерна был рекордно малым – 1,423 млн т. И это несмотря на высокую адаптацию к неблагоприятным почвенно-климати-

ческим условиям, низкую себестоимость производства и более высокую питательную ценность зерна. В совокупности эти преимущества обеспечивают высокую рентабельность культуры при меньшей интенсивности возделывания, что очень важно с точки зрения ресурсосберегающего земледелия [2].

Сложившаяся ситуация обусловлена тем, что на фоне наметившегося потепления климата высокая зимо- и морозоустойчивость ржи стала менее востребованной. Это перевело ее в разряд второстепенной озимой зерновой культуры. Однако основная причина

неуклонного сокращения посевов ржи – слабый рыночный спрос на зерно этой культуры и ее меньшая конкурентоспособность, в сравнении с озимой пшеницей. Первенство в структуре посевных площадей рожь стала уступать в конце 1960-х гг., когда появились высокоурожайные сорта озимой пшеницы Безостая 1 и Мироновская 808. Их распространение привело к тому, что годовой прирост урожайности пшеницы стал более чем в 1,5 раза превосходить ее увеличение по ржи. На фоне низких закупочных цен производство отреагировало резким увеличением посевов озимой пшеницы и снижением посевов озимой ржи [3].

Одной из причин такой «революции культур» было селекционное несовершенство возделываемых популяционных сортов ржи. Сильнее всего это проявилось в их длинностебельности и слабой устойчивости к полеганию при интенсивной технологии возделывания. Относительно медленный прогресс в селекционном улучшении ржи объясняется тем, что широко применяемые в популяционной селекции методы массового и семейного отборов не позволяют добиться быстрого преобразования морфотипа создаваемых сортов в нужном направлении.

В этой связи особый интерес для ржи как перекрестно опыляемой культуры представляют методы гетерозисной селекции с использованием цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) [4]. Работы в этом направлении были начаты сравнительно недавно – около 50 лет назад. Пионерами гибридной селекции озимой ржи стали Н. Н. Geiger и F. W. Schnell [5] в Германии, которые первыми обнаружили ЦМС у аргентинского сорта ржи Пампа. Изучив генетическую природу этого явления, они отобрали гомозиготные инбредные линии с ЦМС, разработали схему гибридной селекции и создали первые гетерозисные гибриды ржи (Аккорд, Актион, Форте), которые передали на официальные испытания в 1981 г. Их оценка показала, что система ЦМС типа Пампа может обеспечить производство гибридных семян в коммерческих масштабах. Кроме того, результаты исследований подтвердили неоспоримое превосходство гибридов над популяционными сортами по многим другим признакам. В частности, было установлено, что в среднем гибриды F₁ озимой ржи формируют урожай зерна на 15-20 % больше, чем популяционные сорта [6].

На сегодняшний день площадь посевов гибридной ржи в мире превышает 1 млн га. В Германии в 2017 г. озимую рожь возделывали на площади 550 тыс. га, из которых 80 % занимали гибридные сорта. В Польше гибридную рожь высевают на 125 тыс. га, или 14 % от общей площади посевов культуры. В странах Северной Европы (Дания, Швеция, Финляндия, Латвия, Литва, Эстония) практически 100 % посевов ржи в производстве – гибриды F₁. В результате урожайность культуры в этих странах возросла с 2,0 до 5,8 т/га, а в государственном испытании Германии максимум сбора зерна ржи превысил 10 т/га [7]. Положительная динамика роста посевных площадей под гибридной рожью отмечается в Украине, Беларуси и России.

В ряде стран Европы благодаря появлению гибридов F₁ рожь стали возделывать не только на бедных, но и на высокоплодородных почвах, на которых она формирует более высокий урожай, чем другие культуры. На низкоплодородных почвах гибриды F₁ так же не уступают по урожайности популяционным сортам: средняя прибавка составляет 15 %. Немаловажно и то, что на базе гибридных сортов ржи появляется возможность быстрой реализации многих специфических

требований потребителя относительно различных направлений хозяйственного использования культуры. Популяционная селекция такой мобильностью не обладает [8].

За последние годы немецкими компаниями создана серия гибридов ржи, сочетающих в себе высокую урожайность с другими ценными признаками. Их сравнительное изучение показало [9], что за период с 1982 по 2005 гг. средний годовой прирост урожайности сортов-популяций составил 30 кг/га, гибридных сортов – 51 кг/га, что на 70 % выше. За 26 лет (1991–2016 гг.) сбор зерна гибридов ржи с единицы площади в опытах государственного испытания в Германии увеличился на 23,3 %, популяционных сортов – на 18,1 % [10].

Цель наших исследований – создание высокогетерозисных межлинейных гибридов F₁ озимой ржи на основе ЦМС типа Пампа и выделение среди них высокоурожайных комбинаций с лучшим качеством зерна.

Методика. Исходным материалом для скрещивания были гомозиготные инбредные линии ржи, созданные методом многократного инцухта растений из генопулов различного происхождения: немчиновского, саратовского и вятского. Их выбрали по причине отностительной генетической удаленности. Предполагалось, что межпуловые гибриды будут демонстрировать более высокую гибридную мощност, чем внутривидовые, так как гетерозис сильнее всего проявляется в случае, если различные аллели одного гена зафиксированы в разных родительских линиях [11].

За годы исследований создано и изучено в селекционном питомнике более 350 относительно высокопродуктивных, короткостебельных и хорошо зимующих гомозиготных линий. На базе 40 лучших из них методом насыщающих скрещиваний созданы стерильные аналоги на базе ЦМС типа Пампа. Оценку восстановительной способности этих линий проводили в 2017–2018 гг. путем визуального осмотра пыльников у гибридов от парных скрещиваний типа *cms* × *mf* и расчета индекса восстановления RI по методике Н. Geiger und K. Morgenstern [12]. Лучшим восстановителем фертильности считался тот генотип, тесткроссы которого не содержали в себе стерильных и полустерильных растений (RI ≥ 67 %).

Создание гомозиготных линий ржи с высокой собственной продуктивностью и перевод их на стерильную цитоплазму типа Пампа – первый этап гетерозисной селекции. Второй этап, на котором требуется оценка их генетических свойств в межлинейных скрещиваниях, более сложный и затратный. Оценку инбредных линий на общую и специфическую способность проводили методом полных топкроссов. Тестовые скрещивания осуществляли на изолированных участках, в качестве материнской формы использовали 5 стерильных линий с цитоплазмой типа Пампа (Н-649, Н-577, Н-842, Н-1058, Н-1185), отцовской – 4 полностью фертильные линии с нормальной цитоплазмой (Н-451, Н-1011,

Табл. 1. Дисперсионный анализ комбинационной способности инбредных линий

Источник дисперсии	SS	Df	ms ²	F _{факт.}	F ₀₅
ОКС стерильные линии (5)	6,49	4	1,62	54,0	2,6
ОКС линии-тестеры (4)	1,92	3	0,64	21,3	2,9
СКС	2,27	12	0,19	6,3	2,0
Ошибка	0,97	38	0,03		

Табл. 2. Результаты испытания лучших простых гибридов F₁ в контрольном питомнике (2017–2020 гг.)

Генотип	Урожайность, т/га	Зимостойкость, балл	Высота растений, см	Устойчивость к полеганию, балл	Масса 1000 зерен, г
Валдай, стандарт	6,31 ± 0,29	7 ± 0,7	127 ± 1,4	4,0 ± 0,4	23,7 ± 0,9
F ₁ msH-1185×mfH-1247	7,54 ± 0,13*	8 ± 0,4	125 ± 1,8	5,0 ± 1,1	23,8 ± 2,2
F ₁ msH-649×mfH-1247	7,35 ± 0,05	8 ± 0,4	123 ± 1,1	5,5 ± 0,9	24,8 ± 2,5
F ₁ msH-1179×mfH-842	7,11 ± 0,17	8 ± 0,4	125 ± 0,4	3,0 ± 0,7	23,6 ± 2,5
F ₁ msH-700×mfH-1247	7,11 ± 0,25	7 ± 0,4	122 ± 2,4	3,5 ± 0,5	22,6 ± 2,4
F ₁ msH-1185×mfH-842	7,10 ± 0,17	8 ± 0,6	120 ± 1,7*	3,5 ± 0,5	21,2 ± 1,9

*отклонение от стандарта достоверно на 5 %-ном уровне значимости.

H-1247, H-1423, H-1432). На их базе по схеме топкросса было создано 20 простых межлинейных гибридов F₁ типа A_{cms} × B_{mf}, которые испытывали в контрольном питомнике на делянках 10 м² в 2-х кратной повторности. Семена тройных межлинейных гибридов получали путем тестовых скрещиваний простых гибридов F₁ с линиями mf H-1423 и mf H-1432, показавшими наиболее высокое восстановление фертильности в тестовых скрещиваниях (RI=83,1-86,1%). Всего было создано 20 трехлинейных гибридов F₁ со структурной формулой (A_{cms} × B_{mf}) × CR_f, оптимально учитывающей полноту использования эффекта гетерозиса и экономическую выгоду при семеноводстве, где A_{cms} – линия с ЦМС, B_{mf} – фертильная линия, C_{Rf} – восстановитель фертильности. Материнский и отцовский компоненты этих гибридов высевали полосами в соотношении 3:1 на изолированном участке. Полевые испытания тройных межлинейных гибридов F₁ проводили в 2017–2020 гг. на делянках 15,0 м² в 4-х кратной повторности. В качестве стандарта использовали популяционный сорт Валдай. Хлебопекарные качества зерна определяли по общепринятым методикам.

Результаты и обсуждение. По способности к восстановлению мужской фертильности в цитоплазме типа Пампа изучаемые линии можно разделить на три группы: слабые, средние и сильные. Среди испытываемых линий почти полными восстановителями мужской фертильности оказались mfH-1432Rf и mfH-1423Rf. Путем их скрещивания создан двухлинейный синтетик-восстановитель С-899/20. Почти полными закрепителями мужской стерильности оказались линии H-451, H-577, H-700, H-732, H-842, H-1058, H-1185, H-1247.

Основной причиной варьирования урожайности простых межлинейных гибридов F₁ стали различия их родительских форм по комбинационной способности. В дисперсию признака урожайность существенный вклад вносили как общая (ОКС), так и специфическая (СКС) комбинационная способность (табл. 1). При этом на долю эффектов ОКС приходилось 91,1 % всей изменчивости признака, СКС – только 7,7 %. Следовательно, основной компонент генотипической вариации урожайности – аддитивное взаимодействие, а не внутрилукусное доминирование генов. В то же время высокое соотношение вариантов ОКС/СКС указывает на значительную генетическую дивергенцию инбредных линий, взятых для скрещивания. Обусловлено это тем, что исходные генопулы, из которых они отобраны, обладают достаточно высоким генетическим разнообразием и содержат специфический комплекс генов, по-разному влияющих на уровень комбинационной способности.

Табл. 3. Урожайность тройного гибрида Немчиновский 1 в конкурсном испытании, т/га

Генотип	2017	2018	2019	2020	Средняя
Валдай (стандарт)	5,25	6,01	6,25	5,57	5,77
Московская 12	5,63	6,01	6,55	5,83	6,00
Немчиновский 1	6,35	6,58	6,70	5,96	6,40
НСР ₀₅	0,61	0,50	0,38	0,53	

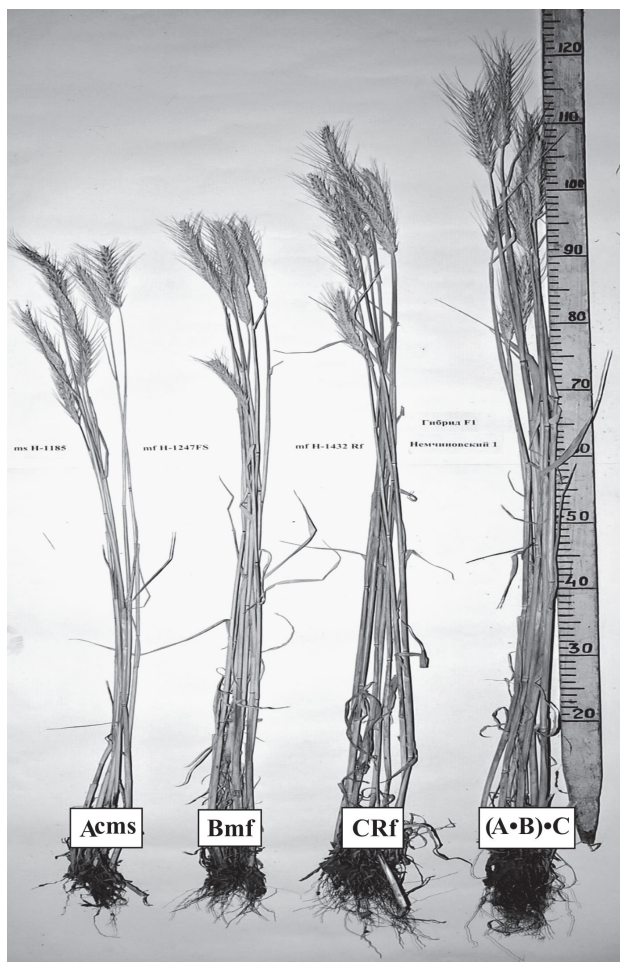


Рис. 1. Родительские формы гибрида Немчиновский 1: A_{cms} – линия с ЦМС, B_{mf} – фертильная линия, C_{Rf} – восстановитель фертильности, (A•B)•C – гибрид F₁

Табл. 4. Селекционная оценка гибрида Немчиновский 1 по морфо-биологическим признакам (среднее за 2017–2020 гг.)

Генотип	Зимостойкость, %	Высота растений, см	Число колосьев, шт./м ²	Устой к полеганию, балл	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
Валдай, стандарт	82,6 ± 6,0	139 ± 2,5	326 ± 16	6,2 ± 1,4	55,0 ± 0,4	31,7 ± 2,5
Московская 12	76,5 ± 9,2	137 ± 3,9	346 ± 38	6,7 ± 1,3	53,6 ± 3,2	31,5 ± 2,5
Немчиновский 1	81,5 ± 8,5	136 ± 5,3	424 ± 26*	6,8 ± 1,0	52,0 ± 1,4	30,8 ± 2,7

*отклонение от стандарта достоверно на 5 %-ном уровне значимости.

Наиболее высокие оценки по ОКС получили линии Н-842, Н-700, Н-649, Н-1185, Н-1247. Предварительно они были изучены в системе диаллельных скрещиваний, где также показали хорошие результаты [3]. Было установлено, что высокая собственная урожайность инбредных линий важнее в плане их семеноводства, чем в качестве косвенного критерия для отбора по ОКС. В этом отношении рожь сходна с кукурузой, у которой продуктивность линий *per se* не считают надежным показателем их ОКС [13].

Результаты испытания лучших простых межлинейных гибридов F₁, созданных с участием перечисленных линий свидетельствуют, что при урожайности 7 т/га они превосходили стандарт Валдай на 12,5–19,5 % (табл. 2), не уступая ему по зимостойкости, короткостебельности и массе 1000 зерен. Наиболее урожайным в этой группе оказался межлинейный гибрид F₁ msH-1185×mfH-1247 (7,54 т/га).

Среди изучаемых тройных гибридов лучшим по урожайности и другим признакам оказался Немчиновский 1. В его родословную входят линия с цитоплазматической мужской стерильностью Н-1185, происходящая из саратовского генопула, мужски фертильная линия Н-1247 из этого же генопула, которая служит закрепителем стерильности, и синтетик-восстановитель фертильности С-899/20 Rf, происходящий от скрещивания двух линий из вятского генопула, показавших высокую восстановительную способность в тестовых скрещиваниях со стерильными линиями. Синтетик С-899/20 Rf служит отцовской формой для стерильного простого гибрида F₁ msH-1185×mfH-1247. Производство сертифицированных семян осуществляется методом смешивания семян, взятых от семенного (95 %) и пыльцевого (5 %) родителей (рис. 1).

Средняя урожайность тройного гибрида Немчиновский 1 за годы испытания составила 6,4 т/га, превысив стандарт Валдай на 0,63 т/га, или 10,9 % (табл. 3). Благодаря быстрому стартовому росту в осенний период гибрид хорошо кустился, что способствует лучшей перезимовке и формированию густого стеблестоя весной. Средняя перезимовка растений за годы испытания у Немчиновского 1 была равна 81,5 % (табл. 4), что находится на уровне стандарта Валдай (82,6 %) и несколько выше, чем у сорта Московская 12 (76,5 %). По степени поражения снежной плесенью существенных различий не выявлено (соответственно 80,8 % и 79,6 %), однако

пораженные растения гибрида характеризовались относительно высокой (10–20 %) способностью к отрастанию весной. По высоте растений Немчиновский 1 ближе к модели сорта интенсивного типа. В среднем она составляет 136 см, что на 3 см ниже, чем у стандарта Валдай. Стебель гибрида более прочный и толстый, благодаря чему он не уступает стандарту по устойчивости к полеганию (соответственно 6,8 и 6,2 балла). Преимущество Немчиновского 1 по урожайности достигается благодаря дружному колошению и более плотному стеблестоя. Количество колосьев на 1 м² у гибрида в среднем выше, чем у стандарта, на 98 шт. Он формирует зерно средней крупности, масса 1000 шт. составляет 30,8 г, что находится на уровне сортов Валдай и Московская 12. Зерно хорошо выполненное, что положительно влияет на его натуру, которая за годы испытания составила 713 г/л (табл. 5). По ряду других признаков качества зерна (высота амилограммы, число падения, температура клейстеризации крахмала, вязкость водного экстракта зернового шрота, формоустойчивость подового хлеба) Немчиновский 1 имеет лучшие показатели, чем стандарт Валдай. Учитывая явные преимущества, гибрид передан на государственное испытание.

В контексте изложенного следует отметить некоторые особенности и сложности семеноводства гибридных сортов ржи. В отличие от популяционных сортов в производственных посевах используется только первое поколение гибрида (F₁). Посев второго поколения (F₂) не допускается, поскольку в расщепляющейся популяции происходит снижение урожайности, которое в зависимости от погодных условий и технологии возделывания может достигать 25–50 % [14]. Причина такого феномена обусловлена снижением уровня гетерозиготности популяции, приводящим к появлению разноярусного стеблестоя, большой черездерницы в колосе, низкой его продуктивности и увеличению поражения спорыньей.

Важно подчеркнуть, что сам факт замены популяционных сортов гибридными нельзя считать достаточным для решения проблемы повышения урожайности ржи. Обязательное условие рентабельного возделывания гибридной ржи – высокий агрофон и низкая стоимость семян. Практика возделывания гибридной ржи в Германии показала, что затраты на производство ее семян в 2 раза выше себестоимости семян популяционных сортов. Поскольку гибридная рожь хорошо ку-

Табл. 5. Оценка хлебопекарных качеств зерна гибрида Немчиновский 1 (среднее за 2017–2020 гг.)

Генотип	Натура зерна, г/л	Высота амилограммы, е.а.	Температура клейстеризации, °C	Число падения, с	Вязкость водного экстракта, сП	Формоустойчивость подового хлеба, H/D	Объем формового хлеба, см ³
Валдай, стандарт	711 ± 14	222 ± 67	58,4 ± 2,2	142 ± 45	4,0 ± 0,03	0,21 ± 0,01	320 ± 14
Московская 12	715 ± 13	265 ± 61	57,4 ± 1,8	191 ± 44	4,2 ± 0,08	0,23 ± 0,03	308 ± 15
Немчиновский 1	713 ± 11	286 ± 41	59,4 ± 1,9	183 ± 37	4,7 ± 0,13	0,25 ± 0,03	299 ± 11

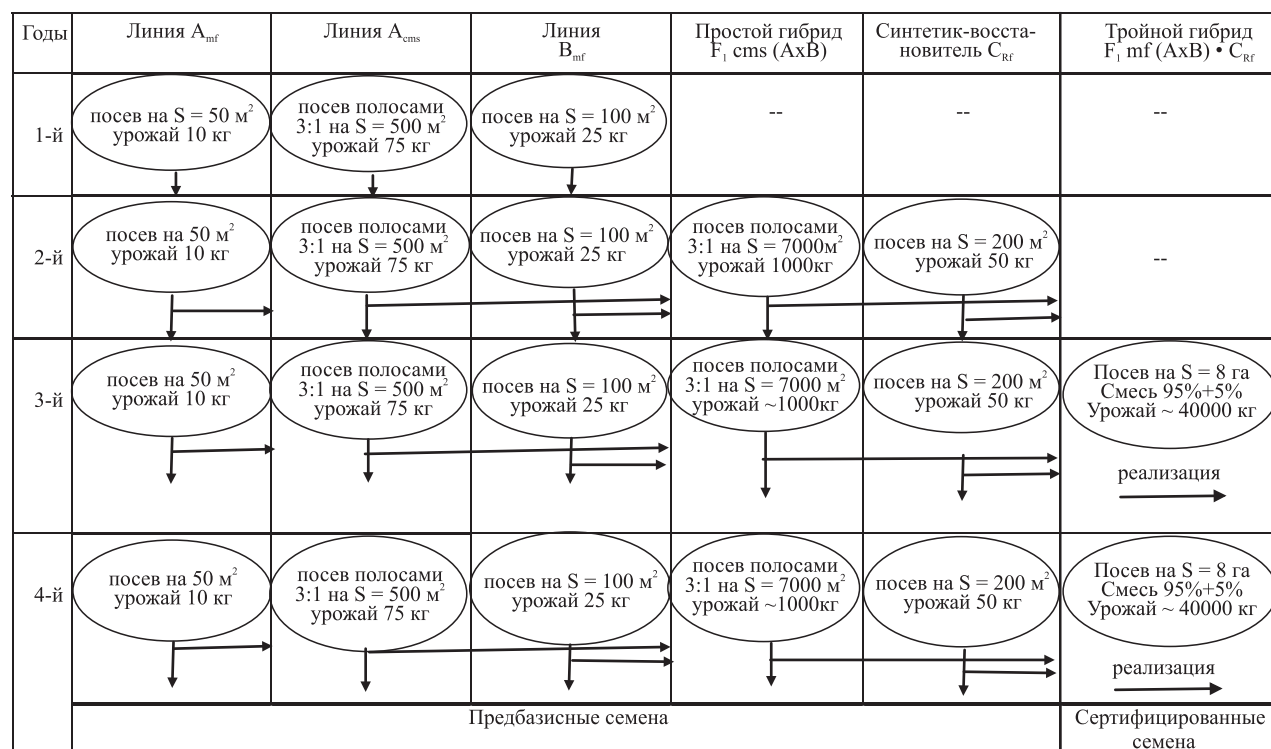


Рис. 2. Схема производства предбазисных и сертифицированных семян гибрида озимой ржи Немчиновский 1.

стится, выходом из ситуации стало снижение производственной нормы высева семян до 2-х посевных единиц, или 70-80 кг/га. Надо полагать, что в условиях России низкая норма высева семян потребует дополнительной компенсации с помощью высокой агротехники, путем использования различных факторов интенсификации, повышающих полевую всхожесть и энергию кущения растений, а также их защиту от вредителей и болезней в осенне-зимний период. Результаты расчетов свидетельствуют, что рентабельное возделывание гибридной ржи при такой норме высева возможно только на высокоплодородных почвах, в экологически благоприятных зонах и в отдельных высокотехнологичных хозяйствах, в которых можно обеспечить урожайность на уровне 50 ц/га и более. В этом случае прибавка урожая перекроет увеличение затрат на покупку гибридных семян.

Очень важен этап так называемого предбазисного семеноводства (рис. 2), который начинается с размножения линий А (стерильный аналог и его закрепитель), В (фертильная линия, способная закреплять стерильность), С (синтетик, несущий гены-восстановители фертильности). Сложность в том, что семена родительских форм необходимо размножать в условиях строгой пространственной изоляции от других посевов ржи. Практика показывает, что вести семеноводство межлинейных гибридов ржи на территории одного сельхозпредприятия практически невозможно. Поэтому важно использовать опыт немецких фирм, предложивших выращивать гибридные семена ржи в пшеничных регионах, в которых рожь практически не возделывают [14].

К изложенному следует добавить, что схема производства гибридных семян ржи – многоступенчатая процедура, требующая хорошо продуманной логистики, строгого и своевременного выполнения отдельных технологических операций, наличия высококвалифицированных специалистов и современной материаль-

но-технической базы для очистки и сортировки семян. В этих целях необходима кооперация усилий и возможностей учреждений-оригинатора и заинтересованных производителей семян гибридной ржи.

Таким образом, оценка инбредных линий ржи на общую и специфическую комбинационную способность в системе топкроссных скрещиваний позволила выявить наиболее ценные из них для целей гибридной селекции. Среди простых межлинейных гибридов лучшим оказался F₁ msH-1185×mfH-1247, который при урожайности 7,54 т/га превысил стандарт на 19,5 %. Высокое соотношение вариантов ОКС/СКС по признаку урожайности указывает на хорошие перспективы использования рекуррентного отбора с целью создания высокопродуктивных линий в качестве как семенного, так и пыльцевого родителей. По результатам конкурсного испытания выделен тройной коммерческий гибрид F₁ Немчиновский 1, созданный путем скрещивания простого гибрида F₁ msH-1185×mfH-1247 (саратовский генопул) с двухлинейным синтетиком С-899/20 Rf (вятский генопул). Урожайность гибрида выше, чем у популяционного сорта Валдай, на 10,9 %, что обусловлено формированием более плотного стеблестоя ко времени уборки. Кроме того, он характеризуется лучшими хлебопекарными качествами зерна.

В контексте обсуждаемой проблемы важно подчеркнуть, что озимая рожь – перспективная культура в плане гетерозисной селекции. Результаты исследований свидетельствуют, что методами гибридной селекции можно относительно быстро преобразовать морфотип возделываемых сортов ржи по многим хозяйственно ценным признакам и тем самым повысить ее конкурентоспособность, в сравнении с пшеницей. В совокупности это оптимизирует и стабилизирует валовые сборы зерна такой важной продовольственной культуры, как озимая рожь.

Литература.

1. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. М.: ООО Агрорус, 2004. 1109 с.
2. Кедрова Л.И., Уткина Е.И. и др. Перспективная ресурсосберегающая технология производства зерна озимой ржи: методические рекомендации. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 76 с.
3. Гончаренко А.А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2014. 372 с.
4. Geiger H.H. *Strategies of Hybrid Rye Breeding* // *Vortr. Pflanzenzuchtung*, 2007. Vol. 41. P. 1–5.
5. Geiger H.H., Schnell F.W. *Cytoplasmatic male sterility in rye (Secale cereal L.)* // *Crop Sci.* 1970. Vol. 10. P. 590–593.
6. Geiger H.H., Miedaner T. *Hybrid rye and Heterosis* // *Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. Madison: Crop Soc., 1999. P. 439–450.
7. Кадыров Р. Гибридная рожь: растущие перспективы // *Наше сельское хозяйство. Агрономия*. 2013. URL: <http://nsh.by/articles/agro/72/167.html> (дата обращения: 20.11.2020)
8. Miedaner T., Laidig F. *Hybrid Breeding in Rye (Secale cereale L.)* // *Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals*. 2019. Vol. 5. P. 343–372.
9. Geiger H.H., Miedaner T. *Rye Breeding* // *Cereals*. ed. M.J. Carena. N.Y.: Springer Science + Business Media LLC, 2009. P. 157–182.
10. *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*. *Theoret. and Appl.* / F. Laidig, H.-P. Piepho, D. Rentel, et al. // *Genetics*. 2017. Vol. 130. No. 5. P. 981–998.
11. Фолконер Д.С. *Введение в генетику количественных признаков*. М.: Агропромиздат, 1985. 485 с.
12. Geiger H., Morgenstern K. *Angewandt – genetische Studien zur cytoplasmatischen Pollensterilitat bei Winterroggen* // *Theoret. and Appl. Genet.* 1975. 46. P. 269–276.
13. Gama E.E.G., Hallauer A.R. *Relation between inbred and hybrid traits in maize* // *Crop Sci.* 1977. 17. P.703–706.
14. Урбан Э.П., Гордей С.И. *Селекция и проблемы возделывания гетерозисных гибридов F1 озимой ржи в Республике Беларусь* // *Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук*. 2018. Т. 56. №4. С. 448–455. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-4-448-455>

Поступила в редакцию 28.12.2020
После доработки 21.01.2021
Принята к публикации 05.03.2021