

СОЗДАНИЕ НОВОГО СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРТОВ ВЕНГЕРСКОЙ СЕЛЕКЦИИ ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА РФ

И.Ф. ЛАПОЧКИНА¹, И.Ю. МАКАРОВА¹, Н.А. ЯШИНА¹, М.Д. МЕТТ^{1,4},
Н.Р. ГАЙНУЛЛИН¹, М.А. КУЗЬМИЧ¹, И.В. ГРУЗДЕВ², Г.В. ВОЛКОВА³

¹Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»;

²Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии;

³Федеральный научный центр биологической защиты растений;

⁴Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Целью исследований явилось создание нового селекционного материала, сочетающего в себе устойчивость к основным вредоносным заболеваниям с высоким потенциалом урожайности и хорошими хлебопекарными качествами зерна. В качестве родительских компонентов скрещивания выбраны продуктивные, хорошо зимующие и адаптированные к возделыванию в Центральном регионе РФ сорта озимой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка» и продуктивные короткостебельные сорта венгерской селекции, обладающие устойчивостью к европейским популяциям ржавчинных грибов, мучнистой росе, фузариозу и листовым пятнистостям. От таких скрещиваний получены рекомбинантные продуктивные линии озимой пшеницы, сочетающие хорошую зимостойкость с короткостебельностью, скороспелостью, высоким качеством зерна и групповой устойчивостью к грибным болезням. Выделенные линии (Немчиновская 57 × Nador), (Nador × Памяти Федина), (Lucilla × Немчиновская 24), (Vojtar × Немчиновская 24), (Немчиновская 57 × Nador) проходят тестирование в конкурсном сортоиспытании и размножении.

Ключевые слова: пшеница озимая, продуктивность, скороспелость, короткостебельность, устойчивость к болезням, бурая, желтая, стеблевая ржавчина, желтая пятнистость листьев, качество зерна.

Введение

По данным Росстата, за последние 13 лет в Российской Федерации отмечается рост производства зерна озимой пшеницы: с 27,9 млн т в 2010 г. до 98,8 млн т в 2023 г. Этот рывок осуществлен, в том числе, благодаря современным сортам мягкой пшеницы, созданным в ведущих селекционных центрах страны. Сорта пшеницы озимой в Центральном регионе в благоприятные годы при интенсивной технологии выращивания дают урожай более 10 т/га. Дальнейший прогресс в селекции этой культуры в Нечерноземной зоне может быть связан с повышением устойчивости сортов к абиотическим (устойчивость к полеганию под влиянием обильных осадков с порывами ветра в период налива зерна, устойчивость к прорастанию зерна на корню) и биотическим стрессам. В Центральном районе Нечерноземной зоны России это септориоз, листовые пятнистости, мучнистая роса и бурая ржавчина. Целенаправленная работа по созданию сортов с групповой устойчивостью к этим европейским популяциям патогенов ведется в Центре сельскохозяйственных исследований Венгерской академии наук (г. Мартонвашар). Логично было использовать сорта пшеницы озимой этого учреждения для повышения генетического разнообразия сортов, выводимых для Центрального региона РФ.

Цель исследований: создание новых прототипов сортов, сочетающих в себе устойчивость к основным вредоносным заболеваниям с высоким потенциалом урожайности и хорошими хлебопекарными качествами зерна.

Привлечение в гибридизацию материала другого эколого-географического происхождения: продуктивных, короткостебельных сортов венгерской селекции, обладающих устойчивостью к европейским популяциям ржавчинных грибов, мучнистой росы, фузариозу и листовым пятнистостям, – помогло бы решить задачи поставленной цели.

Материал и методы исследований

Объектом исследований служили поздние комбинации линий озимой мягкой пшеницы, отобранные по комплексу хозяйственно-ценных признаков, от скрещиваний 6 сортов селекции лаборатории озимой пшеницы ФИЦ «Немчиновка», адаптированных для возделывания в Центральном регионе РФ: Памяти Федины, Немчиновская 17, Немчиновская 24, Немчиновская 57, Московская 39 и Московская 56 (далее в таблицах – ПФ, Н-17, Н-24, Н-57, М-39, М-56) и 5 сортов пшеницы озимой: Nador, Ikva, Wojtar, Lucilla, Karizma, полученных из Венгрии.

Краткая характеристика сортов мягкой озимой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка» [6]:

Памяти Федины – сорт среднеспелый, короткостебельный (около 90 см), высокоустойчивый к полеганию. По зимостойкости не уступает стандартным сортам. Масса 1000 зерен составляет 38–45 г. Максимальная урожайность – 9,4 т/га. Хлебопекарные качества – удовлетворительные. Содержание белка – 12,4%, сырой клейковины – 28,9%, сила муки – 213 е.а., объемный выход хлеба – 970 см³. Сорт устойчив к твердой головне и желтой ржавчине, обладает полевой устойчивостью к мучнистой росе.

Немчиновская 17 – сорт, устойчивый к полеганию, высота растений составляет 75–80 см, зимостойкость – на уровне 95–97%. Масса 1000 зерен – 46–48 г, содержание белка в зерне – 13,8–14,9%, содержание клейковины – до 30%. Сорт не поражается бурой ржавчиной, обладает полевой устойчивостью к мучнистой росе, септориозу и фузариозу. По базовой технологии возделывания дает 7–8 т/га.

Немчиновская 24 – сорт интенсивного типа, высота растений – 80–85 см, зимостойкость средняя, масса 1000 зерен – 46–48 г, содержание белка в зерне – 13–14%, содержание клейковины – до 24–30%. Сорт устойчив к твердой головне, бурой ржавчине (*Lr9* и *Lr46*) и мучнистой росе. Базовая технология возделывания дает 7–8 т/га, интенсивная – 10–12 т/га.

Немчиновская 57 – короткостебельный, зимостойкий, среднеспелый, устойчивый к полеганию сорт, высота растений достигает 90–105 см, масса 1000 зерен – 40–47 г, содержание белка в зерне – 13–14%, содержание клейковины – до 28–30%. Сорт устойчив к твердой головне и мучнистой росе, слабо поражается бурой ржавчиной, устойчив к прорастанию на корню. Базовая технология возделывания дает 6–7 т/га, интенсивная – 10,0–11,5 т/га.

Московская 39 – сорт, экологически пластичный, зимостойкий, засухоустойчивый. Высота растений – 100–105 см, масса 1000 зерен – 40–45 г. Сорт высокоустойчив к твердой головне, снежной плесени и септориозу, среднеустойчив к бурой ржавчине и мучнистой росе, устойчив к прорастанию на корню и осыпанию зерна. Базовая технология возделывания дает 5–6 т/га, интенсивная – 8–9 т/га. Является стандартом для сортов в Нечерноземной зоне и эталоном качества зерна. Содержание белка в зерне составляет 14–16%, содержание клейковины – до 40%, объемный выход хлеба – 1043 см³.

Московская 56 – сорт зимостойкий, пластичный, формирует высокий урожай по разным предшественникам и разным уровням плодородия почвы. Высота растения составляет 100–105 см, масса 1000 зерен – 45–50 г, содержание белка

в зерне – 13–14%, содержание клейковины – до 30%. Устойчив к бурой ржавчине и твердой головне, обладает полевой устойчивостью к мучнистой росе. Базовая технология возделывания дает 6–7 т/га, интенсивная – 10,0–11,7 т/га.

Сорта венгерской селекции адаптированы к возделыванию в лесостепной зоне Центральной Европы и произрастают на черноземных и солонцевато-черноземных почвах [9]. Сорта, включенные в гибридизацию, являются высокоинтенсивными и имеют следующие характеристики:

Nador^{MV} – среднеспелый, короткостебельный сорт высокоинтенсивного типа с генетическим потенциалом урожайности 12,0 т/га, с высотой растения 80 см. Сорт отличается устойчивостью к полеганию, осыпанию и прорастанию зерна в колосе, высокоустойчив к бурой ржавчине и мучнистой росе, масса 1000 зерен составляет 40–50 г, содержание белка – 12–14%, содержание клейковины – 28–34%.

Ikva^{MV} – суперранний сорт, способный давать более 9 т/га. Обладает отличной зимостойкостью, высота растений составляет 80–100 см, масса 1000 зерен – 38–42 г. Сорт устойчив к мучнистой росе, желтой, листовой и стеблевой ржавчине, среднеустойчив к фузариозу колоса.

Vojtar^{MV} – среднеспелый сорт с потенциальной урожайностью 8,5–9,5 т/га, высота растений – 80–90 см. Сорт устойчив к полеганию, обладает хорошей зимостойкостью, среднеустойчив к желтой, листовой и стеблевой ржавчине.

Lucilla^{MV} – среднеранний сорт, обладающий высокой экологической пластичностью, с высотой растений до 100 см. Характеризуется хорошей кустистостью и устойчивостью к бурой ржавчине. Содержание клейковины – 29–30%.

Karizma^{MV} – высокоурожайный, короткостебельный сорт (высота растений – до 100 см), характеризуется хорошими хлебопекарными качествами. Содержание клейковины – 28,3–33,1%. Сорт обладает устойчивостью к фузариозу колоса, к мучнистой росе и грибным заболеваниям, вызывающим пятнистость листьев.

Гибридизацию сортов проводили в 2010 г. в условиях теплицы, так как венгерские сорта показали слабую зимостойкость в условиях Московской области (20–25%) – вплоть до полной гибели посевов. Гибриды F₁ также выращивали в теплице, а гибриды F₂ – в полевых условиях. Отбор индивидуальных растений производили в F₃-F₄, потомство которых высевали сначала на 2-рядковых делянках, а затем – на делянках 1 м². При отборе учитывали процент перезимовки растений, дату колошения, высоту стебля, выравненность стеблестоя, устойчивость к мучнистой росе, бурой ржавчине и септориозу, а также элементы продуктивности. Выделенные линии оценивались в контрольных питомниках (далее – КП) первого и второго лет исследований и в конкурсном сортоиспытании (далее – КСИ) сезонов 2022–2023 гг.

Для изучения хозяйственно-ценных признаков КП-1 и КП-2, а также КСИ-1 в ФИЦ «Немчиновка» закладывали по черному пару, учетная площадь делянки – 1 м² и 10 м² соответственно, повторность – двухкратная, в качестве стандарта использовали сорт Московская 39. Все полевые наблюдения, учеты и оценки проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [7]. В питомниках проводили фенологические наблюдения, оценивали перезимовку растений, подсчитывали число стеблей с 1 м², продуктивность колоса, массу 1000 зерен. В питомнике конкурсного испытания определяли урожай зерна с 10 м². Существенность различий между образцами по выраженности хозяйственно-ценных признаков определяли способом однофакторного дисперсионного анализа с использованием программы Agros, версия 2.09 [5]. Также проводили полный технологический анализ зерна включая содержание белка и клейковины в зерне и выпечку формового и подового хлеба.

Изучали полиморфизм высокомолекулярных глютеинов и рассчитывали Glu-балл, который отражает хлебопекарные свойства генотипа мягкой пшеницы [11].

Высокомолекулярные субъединицы глютеенинов (HMW-GS) экстрагировали из измельченных зерновок или половинок зерновок в соответствии с методикой, описанной Singh et al. [10], в модификации Branlard et al. [8].

Годы исследований (2021–2023) различались по погодным условиям: вегетационный период 2021 и 2022 гг. характеризовался засушливым режимом в течение всей вегетации, а 2023 г. был умеренно благоприятным по влагообеспеченности, что способствовало увеличению длины стебля. Однако почти все линии оставались в той же градации по короткостебельности относительно стандарта.

Лучшие отобранные в 2021 и 2022 гг. линии с комплексом хозяйственно-ценных признаков были высеяны в питомнике ФГБНУ ФНЦБЗР для оценки на устойчивость к северокавказским популяциям возбудителей бурой, желтой, стеблевой ржавчины и желтой пятнистости листьев, которые характеризуются повышенной агрессивностью с широким спектром генов вирулентности. Подобная тактика исследований была опробована нами в предыдущие годы исследований [4] и показала, что отобранные в таких условиях устойчивые генотипы проявляют устойчивость и к европейским популяциям патогенов в Центральном регионе. Посев был проведен 24 октября 2022 г., предшественником служил пар. Заражение растений в 2023 г. возбудителями бурой, желтой, стеблевой ржавчины и желтой пятнистости листьев пшеницы проводили согласно общепринятым методикам [1]. Стандартами восприимчивости для бурой ржавчины являлся сорт Michigan Amber, для желтой ржавчины – сорт Kaw, для стеблевой ржавчины – сорт Гелиос, для желтой пятнистости – сорт Таня. Оценку реакции и степени поражения образцов пшеницы производили по шкале, принятой CIMMYT [3]. Оценку по отношению к желтой пятнистости листьев пшеницы производили по шкале Сарри и Прескот, когда в зависимости от степени поражения растений, %, сорта ранжируются следующим образом: VR – высокоустойчивые; MR – умеренно устойчивые; MS – умеренно восприимчивые; S – восприимчивые; VS – высоко восприимчивые.

В исследованиях использованы материально-техническая база УНУ «Фитотрон для выделения, идентификации, изучения и поддержания рас, штаммов, фенотипов патогенов» (<https://ckp-rf.ru/usu/671925/>) и объекты БРК ФГБНУ ФНЦБЗР «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов».

Результаты и их обсуждение

По результатам испытаний в КП-1 и КП-2 отобрали короткостебельные линии с длиной стебля 80–90 см (на уровне короткостебельных сортов венгерской селекции) (табл. 1).

Признак «Число дней до колошения» практически совпадал по двум годам исследований, а процент перезимовки был выше в комбинациях, где одним из компонентов скрещивания был сорт Nador.

В оба года исследований по массе зерна с колоса выделились линии 22–22^{MV}, 32–22^{MV}, 34–22^{MV}, 46–22^{MV} и 53–22^{MV}. Остальные линии в 2022 г. были на уровне стандарта, а в 2023 г. все линии, за исключением 56–22^{MV} и 58–22^{MV}, существенно превысили стандарт по этому показателю.

В контрольном питомнике первого и второго лет исследований по массе 1000 зерен существенно превысили сорт-стандарт линии из комбинаций (Vojtag x Немчиновская 24) и (Немчиновская 57 × Nador).

Полученные линии вызывают определенный интерес при решении проблемы устойчивости к листовым патогенам, о чем свидетельствует оценка линий на инфекционных фонах в полевых условиях Краснодарского края (табл. 2).

**Результаты оценки лучших образцов пшеницы озимой из КП-1 и КП-2
по хозяйственно-ценным признакам в условиях Подмоскovie**

№ п/п	Линия/сорт Комбинация скрещивания	Хозяйственно-ценные признаки 2022 г.						Хозяйственно-ценные признаки 2023 г.			
		Перези- мовка, %	Число дней до коло- шения	Высота раст., см	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г	Перези- мовка, %	Число дней до коло- шения	Высота раст., см	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
1	22-22 ^{mv} Lucilla x H-17	10	261	73,3	2,9*	56,9*	75	260	84,0*	1,93*	44,6
2	23-22 ^{mv} Karizma x ПФ	15	265	75,0	1,6	51,5	65	269	85,5*	1,8*	53,4*
3	30-22 ^{mv} Karizma x M-56	5	261	84,0	1,6	46,1	75	262	115,5	1,89*	53,6*
4	32-22 ^{mv} Bojtar x H-24	10	259	85,7	2,51*	51,2	75	265	78,2*	2,02*	49,4
5	34-22 ^{mv} Bojtar x H-24	10	261	68,3*	2,27*	55,4*	70	262	78,5*	2,18*	55,3*
6	46-22 ^{mv} H-57 x Nador	25	260	71,0*	2,15*	52,6	60	264	83,8*	1,98*	61,7*
7	48-22 ^{mv} H-57 x Nador	60	265	81,3	1,79	51,2	50	266	79,0*	2,04*	59,1*
8	49-22 ^{mv} H-57 x Nador	60	265	69,0*	1,88	53,4*	50	264	74,5*	1,92*	63,2*

№ п/п	Линия/сорт Комбинация скрещивания	Хозяйственно-ценные признаки 2022 г.						Хозяйственно-ценные признаки 2023 г.			
		Перези- мовка, %	Число дней до коло- шения	Высота раст., см	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г	Перези- мовка, %	Число дней до коло- шения	Высота раст., см	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
9	50–22 ^{mv} H-57 x Nador	50	265	80,0	1,91	55,3*	70	262	87,5*	1,84*	57,5*
10	51–22 ^{mv} (H-57 x Nador) x Nador	80	265	70,7*	1,62	51,0	80	264	86,8*	2,08*	57,4*
11	53–22 ^{mv} (H-57 x Nador) x Nador	60	261	63,3*	2,0*	52,4	65	261	81,0*	2,04*	54,0*
12	55–22 ^{mv} Nador x ПФ	80	262	66,7*	1,56	52,0	60	262	79,0*	2,0*	45,6
13	56–22 ^{mv} Nador x ПФ	80	262	65,0*	1,6	52,0	80	265	85,2*	1,78	49,8
14	58–22 ^{mv} Nador x ПФ	70	261	60,7*	1,6	49,4	70	262	82,5*	1,7	45,5
15	60–22 ^{mv} (Nador x H-57) x Ikva	65	261	72,0*	1,68	51,3	65	266	91,2*	1,84*	49,8
16	Москов. 39(st)	63	261	81,0	1,42	49,0	90	262	104,5	1,54	48,8
	НСР ₀₅	-	-	8,40	0,52	3,06	-	-	4,88	0,24	4,2

**Устойчивость линий пшеницы озимой
к северокавказским популяциям возбудителей болезней (2023 г.)**

№ п/п	Линия/сорт Комбинация скрещивания	Устойчивость к северокавказским популяциям возбудителей болезней			
		<i>Puccinia triticina</i>	<i>Puccinia striiformis</i>	<i>Puccinia graminis</i>	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>
1	22–22 ^{MV} Lucilla × H-17	10MS	10MR	1R	40S
2	23–22 ^{MV} Karizma × ПФ	25MS	10MS	10MS	25MR
3	30–22 ^{MV} Karizma × M-56	20MS	1R	0	40S
4	32–22 ^{MV} Bojtar × H-24	.*	0	0	25MR
5	34–22 ^{MV} Bojtar × H-24	1R	0	1R	30MS
6	46–22 ^{MV} H-57 × Nador	7MR	10MR	0	15R
7	48–22 ^{MV} H-57 × Nador	-	-	-	15R
8	49–22 ^{MV} H-57 × Nador	5MS	10MS	10MS	30MS
9	50–22 ^{MV} H-57 × Nador	10MS	25MS	5MR	30MS
10	51–22 ^{MV} (H-57 × Nador) × Nador	10MR	5MS	15MS	25MR
11	53–22 ^{MV} (H-57 × Nador) × Nador	40MS	10MS	1R	20MR
12	55–22 ^{MV} Nador × ПФ	20MS	5MR	1R	25MR
13	56–22 ^{MV} Nador × ПФ	10MR	15MS	25MS	25MR
14	58–22 ^{MV} Nador × ПФ	35MS	5MS	5MR	35MS
15	60–22 ^{MV} (Nador × H-57) × Ikva	50MS	25MS	30S	30MS
16	Контроль по восприимчивости	80S	70S	60S	60S

*Изучение не проводилось.

Был выявлен высокоустойчивый к бурой ржавчине (*Puccinia triticina f.sp. tritici*) образец 34–22^{MV}. Устойчивость к этому заболеванию скорее всего передана от сорта Немчиновская 24, обладающего двумя эффективными генами *Lr 9* и *Lr 46*. Умеренную устойчивость показали 3 образца: 46–22^{MV}, 51–22^{MV} и 56–22^{MV} (7–10 MR).

По отношению к желтой ржавчине пшеницы (*Puccinia striiformis f.sp. tritici*) среди изученных образцов было выявлено 3 источника устойчивости: 30–22^{MV}, 32–22^{MV}, 34–22^{MV}.

Было выявлено 7 образцов, устойчивых к стеблевой ржавчине (*Puccinia graminis f.sp. tritici*): 22–22^{MV}, 30–22^{MV}, 32–22^{MV}, 34–22^{MV}, 46–22^{MV}, 53–22^{MV}, 55–22^{MV}. Иммунологическая оценка образцов в условиях жесткого инфекционного фона позволила ранжировать линии по устойчивости относительно северокавказской популяции возбудителя желтой пятнистости листьев пшеницы (*Pyrenophora tritici-repentis*).

Выявлено 2 устойчивых образца к этой инфекции (46–22^{MV} и 48–22^{MV}), имеющих одинаковое происхождение (Немчиновская 57 x Nador). Следует отметить среднеустойчивый образец 23–22^{MV} из комбинации (Karizma x Памяти Федина), получивший устойчивость к желтой пятнистости листьев скорее всего от материнского сорта Karizma^{MV}.

Наибольший интерес представляют образцы, обладающие групповой устойчивостью к нескольким заболеваниям в сочетании с хозяйственно-ценными признаками, достоверно превышающими сорт-стандарт.

К желтой и стеблевой ржавчине были устойчивы 3 образца: 30–22^{MV}, 32–22^{MV}, 34–22^{MV}. Групповой устойчивостью к бурой, желтой и стеблевой ржавчине и желтой пятнистости листьев обладает образец 46–22^{MV}.

Из 15 лучших по комплексу признаков линий более половины имеет в родословной сорт Nador, что может свидетельствовать о его хорошей сортообразующей способности.

Образец 34–22^{MV} проявил устойчивость к трем видам ржавчины и превысил стандарт по массе зерна с колоса и массе 1000 зерен, а также оказался достоверно ниже стандарта по высоте растения.

В питомнике конкурсного сортоиспытания 2023 г. были проанализированы 9 линий озимой пшеницы от скрещивания сортов Памяти Федина, Немчиновская 24 и Немчиновская 57 с сортами венгерской селекции: Nador, Ikva, Lucilla и Vojtar (табл. 3).

В результате эксперимента не обнаружены достоверные различия по урожаю зерна с 10 м² и числу стеблей с 1 м² в сравнении со стандартом. Все линии были продуктивны и выколашивались на 3–6 дней раньше стандарта, 6 линий были крупнозерными и достоверно превышали стандарт по массе 1000 зерен, а также имели достоверно низкую высоту растений в сравнении с сортом Московская 39 (st).

Зерно пшеницы озимой, сформированное в условиях 2023 г., характеризовалось меньшим содержанием белка и клейковины, чем в предыдущие годы исследований. У стандартного сорта Московская 39 содержание белка и клейковины в зерне составляло 13,1 и 26,7% соответственно (табл. 4), что ниже, чем в другие годы исследований (15–17% белка и 30–32% клейковины). Это связано с тем, что перед посевом озимой пшеницы минеральные удобрения не вносили, а повышенная влагообеспеченность также не способствовала накоплению белка и клейковины.

С целью определения аллельного состояния локусов *Glu-1*, влияющих на хлебопекарные качества выпекаемого хлеба, у 9 линий, включенных в конкурсное сортоиспытание, была проведена идентификация высокомолекулярных глютеинов. На основании шкалы влияния субъединиц глютеина на хлебопекарное качество, предложенной Payne et al. [11], был рассчитан Glu-балл этих линий.

Результаты испытания линий озимой пшеницы в КСИ 2023 г.

Линия	Педигри	Пере- зи- мовка, %	Число дней до коло- шения	Высота, см	Урожай зерна с 10 м ² , г	Стеблей на м ²	Масса зерна с ко- лоса, г	Масса 1000 зерен, г
1	57–22 Mv (Nador × ПФ)	75	268	103,3	9855,1	506	1,7*	48,5
2	86–22 Mv (Nador × ПФ)	85	264	105,0	9832,0	532	1,4	50,5*
4	52–22Mv (H-57 × Nador) × Nador	85	265	88,3*	10512,3	524	1,5	52,4*
5	80–22 Mv (H-57 × Nador)	80	263	92,3*	8503,0	477	1,4	56,0*
6	85–22 Mv (H-57 × Nador)	80	263	87,0*	9212,4	428	1,3	52,0*
7	90–22 Mv [(Nador × H-57) × Ikva]	75	263	88,0*	10079,3	516	1,4	42,4
8	112–22 Mv (Lucilla × H-24)	80	262	96,3*	9964,4	566	1,4	51,0*
9	73–22 Mv (Lucilla × H-24)	90	265	107,7	11079,3	622	1,4	48,6
10	79–22 Mv (Bojtar × H-24)	90	264	88,3*	10614,0	448	1,5	50,0*
St	Московская 39	90	268	104,3	9495,0	604	1,3	48,4
	HCP ₀₅	-	-	3,5	F _{факт} < F _{теор}	F _{факт} < F _{теор}	0,2	1,2

У 3 линий конкурсного сортоиспытания было обнаружено 2 аллеля по Glu-A1 локусу: Null (аллель с) и 2* (аллель b). Субъединицы глютеина, кодируемые аллелем b, определяют высокое хлебопекарное качество и оцениваются согласно Payne et al. [11] в 3 балла, в то время как аллель с вносит всего лишь 1 балл в хлебопекарное качество образцов из комбинации (Nador × Памяти Федина), понижая качество хлеба, выпекаемого из этих генотипов.

Из двух компонентов глютеина (7+9) и (7+8), которые кодируются локусом Glu-B1, лучшим является (7+8) – 3 балла, а по Glu-D1 (5+10) – 4 балла. В сорте Московская 39, принятом за стандарт в Московской области, собраны лучшие аллели, обеспечивающие самые высокие хлебопекарные свойства этого сорта. Такой же высокий показатель хлебопекарного качества в 10 баллов получен у короткостебельных линий, имеющих в родословной сорта Немчиновская 57, Nador и Ikva (линии 3, 4, 5 и 6).

У линии 8 от скрещивания (Lucilla × Немчиновская 24) обнаружен полиморфизм по локусу Glu-D1. Наряду с ценным компонентом (Dx5 + Dy10) в образце обнаружен компонент (Dx2 + Dy12), снижающий хлебопекарные качества. Если дальнейшие

исследования покажут наличие двух биотипов у этого образца, то методом индивидуального отбора растений с глютениновой формулой (Ах2*/ Вх7+Ву9/ Dх5+Dу10) можно поднять Glu-балл до 9, улучшив хлебопекарные качества этой линии.

Пробная выпечка формового и подового хлеба из лучших образцов КСИ представлена на рисунке 1.

Таблица 4

**Показатели качества зерна и хлебопекарная ценность
линий озимой пшеницы из КСИ 2023 г.**

Линии	Педигри	Содержание в зерне, %		Глютениновая формула	Glu-балл
		белка	клейковины		
1	Nador × П. Федина	12,8	27,3	АхN/ 7+9/ 5+10	7
2	Nador × П. Федина	13,2	26,6	АхN/ 7+9/ 5+10	7
4	(Н-57 × Nador) × Nador	12,8	24,7	Ах2*/ 7+8/ 5+10	10
5	Н-57 × Nador	11,8	21,0	Ах2*/ 7+8/ 5+10	10
6	Н-57 × Nador	11,7	19,5	Ах2*/ 7+8/ 5+10	10
7	(Nador × Н-57) × Ikva	12,0	21,2	Ах2*/ 7+8/ 5+10	10
8	Lucilla × Н-24	12,4	18,1	Ах2*/ 7+9/	
9	Lucilla × Н-24	12,8	24,9	Ах2*/ 7+8/ 2+12	8
10	Воjтар × Н-24	12,8	26,5	Ах2*/ 7+8/ 2+12	8
St	Московская 39	13,1	26,7	Ах2*/ 7+8/ 5+10	10

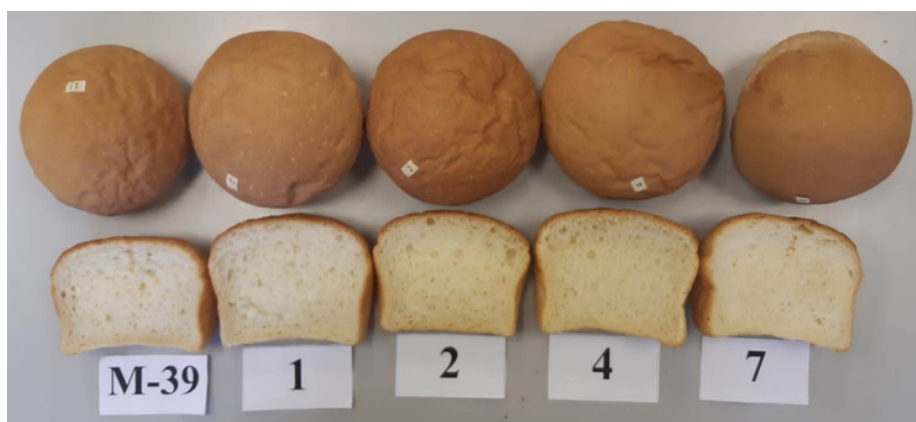


Рис. 1. Результаты выпечки формового и подового хлеба из лучших образцов КСИ 2023 г.:

- 1 – Nador × П. Федина – объемный выход хлеба 690 см³;
- 2 – Nador × П. Федина – объемный выход хлеба 646 см³; 4 – (Н-57 × Nador) × Nador – объемный выход хлеба 687 см³;
- 7 – (Nador × Н-57) × Ikva – объемный выход хлеба 676 см³;
- Московская-39(st) – объемный выход хлеба 614 см³

По результатам оценок линий пшеницы озимой в конкурсное сортоиспытание второго года исследований отобраны короткостебельная крупнозерная линия 4 [(Немчиновская 57 × Nador) × Nador], обладающая наивысшим хлебным баллом и объемным выходом хлеба 687 см³, а также скороспелая линия 8 (Lucilla × Немчиновская 24), сочетающая оптимальную высоту с крупным зерном и объемным выходом хлеба в 607 см³, и скороспелая, короткостебельная и крупнозерная линия 10 (Vojtár × Немчиновская 24).

Выводы

Подтверждена эффективность скрещивания интенсивных сортов пшеницы озимой, созданных для различных эколого-географических зон, в создании новых прототипов сортов для Центрального региона РФ. Получены новые генотипы, составляющие конкуренцию стандартному сорту, по признакам продуктивности, скороспелости, короткостебельности, групповой устойчивости к грибным болезням и высокого качества зерна. Из КП-2 2023 г. отобраны линии с групповой устойчивостью к бурой, желтой и стеблевой ржавчине, сочетающие оптимальную высоту 80–85 см с продуктивностью колоса в 2 г и крупнозерностью (22–22^{MV}, 34–22^{MV}, 46–22^{MV}). Последняя линия устойчива также к желтой пятнистости и обладает крупным зерном, масса 1000 зерен – 62,0 г.

Из КСИ 2023 г. отобраны короткостебельная крупнозерная линия 4 [(Немчиновская 57 × Nador) × Nador], обладающая наивысшим хлебным баллом и объемным выходом хлеба 687 см³, а также скороспелая линия 8 (Lucilla × Немчиновская 24), сочетающая оптимальную высоту с крупным зерном и объемным выходом хлеба в 607 см³, и скороспелая, короткостебельная и крупнозерная линия 10 (Vojtár × Немчиновская 24).

Исследования выполнены в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве от 1 февраля 2022 г. № НС 2022–13 между Федеральным государственным бюджетным научным учреждением Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (ФГБНУ ФИЦ Немчиновка), лабораторией генетики и пребридинга зерновых культур, Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР), лабораторией иммунитета растений к болезням, и согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по темам № FGGE-2022–0001 и № FGRN-2022–0004.

Библиографический список

1. Анпилогова Л.К., Волкова Г.В. Методы создания искусственных инфекционных фонов и оценки сортообразцов пшеницы на устойчивость к вредоносным болезням (фузариозу колоса, ржавчинам, мучнистой росе) // РАСХН ВНИИБЗР. – 2000. – Т. 28. – С. 1–10.
2. Воронов С.И., Гончаренко А.А., Сандухадзе Б.И. и др. Каталог сортов зерновых и зернобобовых культур селекции Федерального исследовательского центра «Немчиновка». – Изд. 6-е, доп. – М., 2018. – 68 с.
3. Койшыбаев М., Шаманин В.П., Моргунов А.И. Скрининг пшеницы на устойчивость к основным болезням: Методические указания. – Анкара: ФАО-СЕК, 2014. – 58 с.
4. Лапочкина И.Ф., Баранова О.А., Гайнуллин Н.Р., Волкова Г.В., Гладкова Е.В., Ковалева Е.О., Осипова А.В. Создание линий озимой пшеницы с несколькими генами устойчивости к *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* для использования в селекционных программах России // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22, № 6. – С. 676–684.

5. Мартынов С.П. Версия AGROS2.07 // Программа для РС. – Тверь, 1997.
6. Сандухадзе Б.И. Селекция озимой пшеницы в Центральном регионе Нечерноземья России: монография. – М.: НИПКЦ Восход-А, 2011. – 504 с.
7. Федин М.А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: общая часть. – М.: Колос, 1985. – 263 с.
8. Branlard G., Dardevet M., Saccomano R., Lagoutte F., Gourdon J. Genetic diversity of wheat storage proteins and breadwheat quality // *Euphytica*. – 2001. – № 119. – Pp. 59–67.
9. Dimitrov E., Uhr Z., Angelova T., Vida G. Evaluation and stability of economic traits of Hungarian common winter wheat varieties in the region of Central Southern Bulgaria // V. Balkan Agricultural Congress, 20–23 September, 2023. – Edirne, Turkey. – 2023. – Pp. 127–137.
10. Singh N.K., Shepherd K.W., Cornish G.B. A simplified SDS-PAGE procedure for separating LMW subunits of glutenin // *J. Cereal Sci.* – 1991. – № 14. – Pp. 203–208.
11. Payne P.I., Nightingale M.A., Krattiger A.F., Holt L.M. The Relationship between HMW Glutenin Subunit Composition and the Bread-making Quality of British-grown Wheat Varieties // *J. Sci. Agric.* – 1987. – № 40. – Pp. 51–65.

DEVELOPMENT OF NEW WINTER WHEAT BREEDING MATERIAL USING HUNGARIAN VARIETIES FOR THE CENTRAL REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION

I.F. LAPOCHKINA¹, I.J. MAKAROVA¹, N.A. YASHINA¹, M.D. METT^{1,4},
N.R. GAINULLIN¹, M.A. KUZMICH¹, I.V. GRUZDEV², G.V. VOLKOVA³

(¹Federal Research Center «Nemchinovka»;

²All-Russia Research Institute of Agriculture Biotechnology;

³Federal Research Centre of Biological Plant Protection;

⁴Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The aim of the study was to develop a new breeding material combining resistance to the main harmful diseases with high yield potential and good baking qualities of the grain. Productive, winter-hardy winter wheat varieties of the FRC “Nemchinovka” breeding line, well adapted to the central region of the Russian Federation, and productive short-stemmed varieties of Hungarian selection with resistance to European populations of rust fungi, powdery mildew, fusarium and leaf spots were selected as parental components for crossing. Recombinant production lines of winter wheat combining good winter hardiness with short stem, early maturity, high grain quality and group resistance to fungal diseases were obtained from these crosses. The selected lines (Nemchinovskaya 57 × Nador), (Nador × Pamyati Fedina), (Lucilla × Nemchinovskaya 24), (Bojtar × Nemchinovskaya 24), (Nemchinovskaya 57 × Nador) are being tested in competitive variety testing and reproduction.

Keywords: winter wheat, yield, short stem, resistance to diseases, leaf rust, yellow rust, stem rust, yellow spot, grain quality.

References

1. Anpilogova L.K., Volkova G.V. *Techniques for developing artificial infection backgrounds and evaluating wheat varieties for resistance to harmful diseases (ear fusarium, rusts, powdery mildew)*. Krasnodar, Russia: RASKhN VNIIBZR, 2000;28:1–10. (In Russ.)
2. Voronov S.I., Goncharenko A.A., Sandukhadze B.I. et al. *Catalog of varieties of grain and leguminous crops selected by the Federal Research Center “Nemchinovka”*. Edition 6, suppl. Moscow, Russia, 2018:68. (In Russ.)

3. Koyshybaev M., Shamanin V.P., Morgunov A.I. *Wheat screening for resistance to major diseases: guidelines*. Ankara: FAO-SEK, 2014:58. (In Russ.)
4. Lapochkina I.F., Baranova O.A., Gainullin N.R., Volkova G.V. et al. The development of winter wheat lines with several genes for resistance to *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* for use in breeding programs in Russia. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(6):676–684. (In Russ.)
5. Martynov S.P. *Version AGROS2.07: program for PC*. Tver, Russia, 1997. (In Russ.)
6. Sandukhadze B.I. *Breeding of winter wheat in the central region of the Non-Black Earth Region of Russia*. Moscow, Russia: OOO “NIPK Ts Voskhod-A”, 2011:504. (In Russ.)
7. Fedin M.A. *Methodology for state variety testing of agricultural crops: general part*. Moscow, USSR: Kolos, 1985:263. (In Russ.)
8. Branlard G., Dardevet M., Saccomano R., Lagoutte F., Gourdon J. Genetic diversity of wheat storage proteins and breadwheat quality. *Euphytica*. 2001;119:59–67.
9. Dimitrov E., Uhr Z., Angelova T., Vida G. Evaluation and stability of economic traits of Hungarian common winter wheat varieties in the region of Central Southern Bulgaria. V. *Balkan Agricultural Congress, 20–23 September, 2023*. Edirne, Turkey, 2023:127–137.
10. Singh N.K., Shepherd K.W., Cornish G.B. A simplified SDS-PAGE procedure for separating LMW subunits of glutenin. *J. Cereal Sci.* 1991;14: 203–208.
11. Payne P.I., Nightingale M.A., Krattiger A.F., Holt L.M. The Relationship between HMW Glutenin Subunit Composition and the Bread-making Quality of British-grown Wheat Varieties. *J. Sci. Agric.* 1987;40:51–65.

Сведения об авторах

Лапочкина Инна Федоровна, главный научный сотрудник, д-р биол. наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; 143026, Российская Федерация, Московская область, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков; e-mail: inna-lapochkina@yandex.ru; тел.: (495) 107–40–00

Макарова Ирина Юрьевна, ведущий научный сотрудник, канд. биол. наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; 143026, Российская Федерация, Московская область, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков; e-mail: makarovairinaj@yandex.ru; тел.: (495) 107–40–00

Яшина Наталья Алексеевна, старший научный сотрудник, канд. с.-х. наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; 143026, Российская Федерация, Московская область, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков; e-mail: yashina-nat@yandex.ru; тел.: (495) 107–40–00

Метт Мария Дмитриевна, магистрант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; 143026, Российская Федерация, Московская область, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков; e-mail: mari.mett@mail.ru; тел.: (495) 107–40–00

Гайнуллин Наиль Рифкатович, ведущий научный сотрудник, канд. биол. наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; 143026, Российская Федерация,

Московская область, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков; e-mail: gainullin.nail@gmail.com; тел.: (495) 107-40-00

Кузьмич Михаил Александрович, главный научный сотрудник, д-р с.-х. наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; 143026, Российская Федерация, Московская область, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков; e-mail: m-kuzmich@yandex.ru; тел.: (495) 107-40-00

Груздев Иван Викторович, научный сотрудник лаборатории маркерной и геномной селекции растений, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 42; e-mail: gruzdev82mtz@mail.ru; тел.: (903) 237-59-91

Волкова Галина Владимировна, заместитель директора по развитию и координации НИР ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений», д-р биол. наук, член-корреспондент РАН; Российская Федерация, г. Краснодар, п/о 39, 350039, ВНИИБЗР; e-mail: galvol.bpp@yandex.ru; тел.: (861) 228-17-87

Information about the authors

Inna F. Lapochkina, DSc (Bio), Chief Research Associate, Federal Research Center “Nemchinovka” (6 Agrokhimikov St., worker’s settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 146026, Russian Federation; phone: (495) 107-40-00; e-mail: inna-lapochkina@yandex.ru)

Irina Yu. Makarova, CSc (Bio), Leading Research Associate, Federal Research Center “Nemchinovka” (6 Agrokhimikov St., worker’s settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 146026, Russian Federation; phone: (495) 107-40-00; e-mail: makarovairinaj@yandex.ru)

Natalya A. Yashina, CSc (Agr), Senior Research Associate, Federal Research Center “Nemchinovka” (6 Agrokhimikov St., worker’s settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 146026, Russian Federation; phone: (495) 107-40-00; E-mail: yashina-nat@yandex.ru)

Mariya D. Mett, Master’s Degree student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation), Junior Research Associate, Federal Research Center “Nemchinovka” (6 Agrokhimikov St., worker’s settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 146026, Russian Federation; phone: (495) 107-40-00; e-mail: mari.mett@mail.ru)

Nail R. Gainullin, CSc (Bio), Leading Research Associate, Federal Research Center “Nemchinovka” (6 Agrokhimikov St., worker’s settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 146026, Russian Federation; phone: (495) 107-40-00; e-mail: gainullin.nail@gmail.com)

Michael A. Kuzmich, DSc (Agr), Chief Research Associate, Federal Research Center “Nemchinovka” (6 Agrokhimikov St., worker’s settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 146026, Russian Federation; phone: (495) 107-40-00; e-mail: m-kuzmich@yandex.ru)

Ivan V. Gruzdev, CSc (Bio), Research Associate at the Laboratory of Marker-Assisted and Genomic Selection of Plants, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology (42 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (903) 237-59-91; e-mail: gruzdev82mtz@mail.ru)

Galina V. Volkova, DSc (Bio), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director for Development and Coordination, Federal Research Centre of Biological Plant Protection (post office 39, VNIIBZR, Krasnodar, 350039, Russian Federation; phone: (918) 374-76-78; e-mail: galvol.bpp@yandex.ru)