

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-185-193>
УДК: 633.11:631.523.4(470.31)

И.Н. Ворончихина*, Д.А. Щелканов¹,
В.С. Рубец^{1,2}, В.В. Ворончихин¹

аментальные основы биотехнологии»
Российской академии наук»
119071, РФ, Москва

¹Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Главный ботанический сад
им. Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН)
127276, Россия, г. Москва, ул. Ботаническая, д.4

²Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Всероссийский
научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной биотехнологии» (ВНИИСБ)
127550, Россия, Москва, ул. Тимирязевская, 42

*Авторы для переписки:
voronchikhinayarinika@yandex.ru

Финансирование: Исследования выполнены
в рамках государственного задания ГBS РАН
(№123120600005-2)*.

Вклад авторов: Ворончихина И. Н.: концептуализация,
проведение исследования, создание черновика
рукописи. Щелканов Д.А.: методология, проведение
исследования. Рубец В.С.: руководство исследовани-
ем, создание рукописи и ее редактирование.
Ворончихин В.В.: программное обеспечение, верификация
данных.

Конфликт интересов. Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ворончихина И.Н., Щелканов
Д.А., Рубец В.С., Ворончихин В.В. Оценка характера
наследования количественных признаков гибридами
F₁ пшеницы мягкой яровой в условиях ЦРНЗ. *Овощи
России*. 2025;(6):185-193.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-185-193>

Поступила в редакцию: 27.09.2025

Принята к печати: 11.11.2025

Опубликована: 18.12.2025

Irina N. Voronchikhina*, Danila A. Shchelkanov¹,
Valentina S. Rubets^{1,2}, Viktor V. Voronchikhin¹

¹Federal State Budgetary Institution of science Main
Botanical Garden named after N. Tsitsin of Russian
Academy of Sciences (GBS RAN)
4, Botanicheskaya st., Moscow, 127276, Russia

²Federal State Budgetary Scientific Institution
All-Russian Research Institute
of Agricultural Biotechnology (ARRIAB)
42 Timiryazevskaya st., Moscow, 127550, Russia

*Corresponding Authors:
voronchikhinayarinika@yandex.ru

Funding. The research was carried out within the state
assignment of the MBG RAS (№123120600005-2)*.

Authors' Contribution: Voronchikhina I.N.: conceptual-
ization, investigation, writing – original draft. Shchelkanov
D.A.: methodology, investigation. Rubets V.S.: supervi-
sion, writing – review & editing. Voronchikhin V.V.: soft-
ware, validation.

Conflict of interest. The authors declare
no conflict of interest.

For citations: Voronchikhina I.N., Shchelkanov D.A.,
Rubets V.S., Voronchikhin V.V. Assessment of the nature
of inheritance of quantitative traits by F₁ hybrids of soft
spring wheat in the conditions of the CRNZ. *Vegetable
crops of Russia*. 2025;(6):185-193. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-185-193>

Received: 27.09.2025

Accepted for publication: 11.11.2025

Published: 18.12.2025

Оценка характера наследования количественных признаков гибридами F₁ пшеницы мягкой яровой в условиях ЦРНЗ

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Подбор пар для скрещивания является основной задачей изучения коллекции любой культуры. При этом важно знать, какие родительские формы обладают высокой сорто-образующей способностью. Поэтому целью нашего исследования было изучение характера наследования количественных признаков продуктивности гибридами F₁ пшеницы мягкой яровой и выделение наиболее перспективных комбинаций для дальнейшей селекционной работы.

Материал и методы. В качестве материала для исследования использовали внутривидовые гибриды F₁ и их родительские формы пшеницы мягкой яровой. Исходные формы были всесторонне изучены (в том числе был применен метод индексов) в коллекционных питомниках в 2019-2021 гг., различающихся по метеорологическим условиям. В качестве материнских форм использовали наиболее урожайные сорта, в качестве отцовских – формы с высокой устойчивостью к болезням, полеганию, высоким качеством зерна. На основе каждой материнской формы были получены серии гибридов F₁ по типу топкроссов. У гибридов F₁ проведен анализ характера наследования количественных признаков колоса пшеницы мягкой яровой, связанных с урожайностью (число и масса зерен с колоса, число зерен в колоске, масса 1000 зерен) и рассчитаны показатели фенотипического доминирования (по Гриффину), где депрессия соответствует значению D<-1; рецессивное наследование – при -1<D<-0,5; аддитивное действие генов – при -0,5<D<0,5; доминирование – при 0,5<D<1; при D>1 наблюдается гетерозис. Коэффициент истинного гетерозиса рассчитывали по Омарову Д.С.

Результаты. Установлено, что примерно половина изученных гибридных комбинаций проявляют гетерозис по числу зерен в главном колосе (около 60%), около 30% комбинаций проявляют гетерозис по числу зерен в колоске, свыше 60% – по массе зерен с главного колоса и около 80% – по массе 1000 зерен. Это служит косвенным доказательством эффективности метода индексов для подбора пар для скрещиваний. Выделены перспективные комбинации с прогнозом отбора в последующих поколениях трансгрессивных по урожайности линий яровой пшеницы для ЦРНЗ. Для материнской формы Злата наилучшие комбинации получены с опылителями МК№41, Сударыня, Симбирцит и МК №153; для Экада 66 – Симбирцит, Злата; для Гранни – Лиза, Лада; для КВС Аквилон – AC Taber, Agata, AC Karma; для Иволга – Гранни.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

пшеница мягкая яровая, гибриды F₁, доминирование, гетерозис, аддитивное наследование, селекционная ценность

Assessment of the nature of inheritance of quantitative traits by F₁ hybrids of soft spring wheat in the conditions of the CRNZ

ABSTRACT

Relevance. The selection of pairs for crossing is the main task of studying a collection of any crop. It is important to know which parental forms have high variety-forming ability. Therefore, the aim of our study was to study the nature of the inheritance of quantitative productivity traits by F₁ hybrids of soft spring wheat and to identify the most promising combinations for further breeding work.

Material and Methods. Intraspecific F₁ hybrids and their parental forms of soft spring wheat were used as the material for the study. The original forms were comprehensively studied (including the index method) in collection nurseries in 2019-2021, differing in meteorological conditions. The most productive varieties were used as maternal forms, and forms with high resistance to diseases, lodging, and high grain quality were used as paternal forms. Based on each maternal form, a series of F₁ hybrids of the topcross type were obtained. In F₁ hybrids, the inheritance pattern of quantitative traits of the ear of soft spring wheat related to yield (number and weight of grains per ear, number of grains per ear, weight of 1000 grains) was analyzed and phenotypic dominance indices were calculated (according to Griffing), where depression corresponds to the value D<-1; recessive inheritance – at -1<D<-0.5; additive effect of genes – at -0.5<D<0.5; dominance – at 0.5<D<1; heterosis is observed at D>1. The coefficient of true heterosis was calculated according to Omarov D.S.

Results. It was found that approximately half of the studied hybrid combinations exhibit heterosis in the number of grains in the main spike (about 60%), about 30% of combinations exhibit heterosis in the number of grains in a spikelet, over 60% – in the weight of grains from the main spike and about 80% – in the weight of 1000 grains. This serves as indirect evidence of the effectiveness of the index method for selecting pairs for crossing. Promising combinations with a forecast of selection in subsequent generations of transgressive yield lines of spring wheat for CRNZ were identified. For the maternal form Zlata, the best combinations were obtained with pollinators MK No. 41, Sudarynya, Simbirsit and MK No. 153; for Ekada 66 – Simbirsit, Zlata; for Granni – Liza, Lada; for KVS Aquilon – AC Taber, Agata, AC Karma; for Ivolga – Granni.

KEYWORDS:

soft spring wheat, F₁ hybrids, dominance, heterosis, additive inheritance, breeding value

Введение

В Центральном районе Нечерноземной зоны яровая пшеница занимает 28 505,9 тыс. га. Она превосходит озимую по качеству зерна, хотя и уступает по урожайности и является прекрасной страховой культурой на случай плохой перезимовки озимых [1]. Поэтому селекция этой культуры активно ведется во всех профильных селекционных учреждениях зоны. Основой в селекции любой культуры является исходный материал, его разнообразие и степень селекционной проработки. И вопросы, связанные с подбором пар для скрещиваний и дальнейшей судьбой гибридных комбинаций, их перспективностью с точки зрения выделения высокопродуктивных и хорошо адаптированных к условиям среды линий, постоянно занимают исследователей [2 – 4]. Основные хозяйственно-полезные признаки пшеницы контролируются большим числом генов с малым индивидуальным эффектом, которые при взаимодействии с различными условиями среды могут проявляться в разной степени. Из-за малого влияния отдельных полигенов и модифицирующего влияния среды их невозможно идентифицировать при помощи гибридологического анализа. Кроме того, имеет место влияние генов-модификаторов и супрессоров, а также неаллельные взаимодействия. Это заставляет искать способы оценки селекционной ценности исходного материала, в частности через характер наследования количественных признаков гибридами F_1 . Такие данные могут служить для прогнозирования стратегии селекционной работы [5, 6].

Считается, что для самоопылителей, таких, как пшеница, важны аддитивные эффекты генов, которые позволяют в поколениях выделить генотипы с новыми сочетаниями генов и, соответственно, признаков [6-8]. Однако к настоящему времени накопилось достаточно много серьезных многолетних исследований комбинационной способности самоопыляющихся зерновых культур, позволяющих утверждать, что проявление у гибридов F_1 доминирования и гетерозиса количественного признака характеризует комбинацию как перспективную с точки зрения возможности отбора в последующих поколениях трансгрессивных форм по продуктивности и сопутствующим количественным признакам (высоте растений, длине и плотности колоса, числу и массе зерен с колоса и растения, массе 1000 зерен и др.). Кроме того, показана возможность выделять не только высокопродуктивные линии, но и характеризующиеся высокой адаптивностью в конкретных природно-климатических условиях [2, 5, 9-12]. Показано, что величина и частота проявления гетерозиса по различным признакам зависит от сложившихся в вегетационный период погодных условий. Так, в засуху сильно проявляется гетерозис по числу и массе зерен с колоса, а также по массе 1000 зерен [7]. Благоприятные условия вегетации позволяют проявиться гетерозису по другим элементам продуктивности [13].

Таким образом, изучение характера наследования количественных признаков гибридами F_1 пшеницы мягкой яровой позволяет получить важную информацию об исходном материале в конкретной природно-климатической зоне и более эффективно вести селекционную работу.

Цель исследования – изучить характер наследования количественных признаков продуктивности (плотности колоса, числа и массы зерен с колоса, числа зерен в колоске, массы 1000 зерен) гибридами F_1 пшеницы мягкой яровой, выделить наиболее перспективные комбинации для дальнейшей селекционной работы.

Материал и методы исследований

В качестве материала для исследования использовали внутривидовые гибриды F_1 и их родительские формы пшеницы мягкой яровой. Исходные формы были всесторонне изучены в коллекционных питомниках в 2019-2021 годах, различающихся по метеорологическим условиям. Для беспристрастного выделения наиболее подходящих для ЦРНЗ генотипов был применен метод индексов [14], позволивший выявить образцы с наименьшим числом неблагоприятных признаков. Они различались по месту создания (табл. 1). В качестве материнских форм использовали наиболее урожайные сорта, в качестве отцовских – формы с высокой устойчивостью к болезням, полеганию, высоким качеством зерна. На основе каждой материнской формы были получены серии гибридов F_1 по типу топкроссов.

Условия вегетации в 2022 году в Московской области можно охарактеризовать как благоприятные для роста и развития пшеницы мягкой яровой, поскольку метеорологические условия приближались к среднесезонным значениям. Агротехника общепринятая для зоны.

В 2022 г. гибриды F_1 и родительские формы (P_1 и P_2) высевали бесповторно вручную по схеме $P_1 : F_1 : P_2$. В рядке 20 семян, площадь питания 5 x 30 см. В течение вегетации проводили фенологические наблюдения, оценки устойчивости к полеганию и болезням. После созревания все образцы были убраны с корнями и подвергнуты биометрическому анализу структуры продуктивности по общепринятой методике. Характер наследования оценивали по степени фенотипического доминирования (D) количественных признаков продуктивности у межсортовых гибридов F_1 пшеницы мягкой яровой. Расчеты проводили по формуле [15], с использованием электронных таблиц программы «Microsoft Excel»:

$$D = \frac{F_1 - (P_1 + P_2) / 2}{P_1 - (P_1 + P_2) / 2}, \quad (1)$$

где D – степень фенотипического доминирования (показатель знака и относительной величины суммарного действия генов у гибрида F_1); F_1 – средняя величина признака у растений гибрида; F_1 – средняя величина признака у лучшего родителя; P_2 – средняя величина признака у худшего родителя. При этом понятие о лучшем или худшем родителе весьма относительно. В нашей работе лучший родитель – тот, у которого более высокие значения признака.

Если $D < -1$, то наблюдается депрессия; $-1 < D < -0,5$ – признаки лучшего родителя определяются рецессивными аллелями; $-0,5 < D < 0,5$ – промежуточное наследование признака, определяемое в основном аддитивным действием генов; $0,5 < D < 1$ – признак в основном определяется доминантным действием генов; при $D > 1$ наблюдается гетерозис, обусловленный доминированием, сверхдоминированием и неаллельными взаимодействиями.

Гетерозис истинный (Гист.) характеризует более сильное проявление признака в F_1 по сравнению с лучшей родительской формой [12]. Значения коэффициентов истинного гетерозиса рассчитывали по формуле [16].

$$\Gamma_{\text{ист}} = \frac{F_1 - P_{\text{лучш.}}}{P_{\text{лучш.}}}, \quad (2)$$

где $\Gamma_{\text{ист}}$ – коэффициент истинного гетерозиса; F_1 – средняя величина признака у растений гибрида; $P_{\text{лучш.}}$ – средняя величина признака у лучшего родителя.

Таблица 1. Родительские формы гибридов F₁ пшеницы мягкой яровой
Table 1. Parental forms of F₁ hybrids of soft spring wheat

Генотип	Разновидность	Происхождение
Злата	<i>lutescens</i>	ФИЦ «Немчиновка», Верхневолжский ФАНЦ
Экада 66	<i>lutescens</i>	ФГБУН Самарский ФИЦ РАН
Гранни	<i>erythrosperrum</i>	Австрия
КВС Аквилон	<i>lutescens</i>	Австрия
Иволга	<i>lutescens</i>	ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева»
Агата	<i>lutescens</i>	ФИЦ «Немчиновка»
Лада	<i>lutescens</i>	ФИЦ «Немчиновка»
Лиза	<i>lutescens</i>	ФИЦ «Немчиновка»
Симбирцит	<i>lutescens</i>	ФГБУН Самарский ФИЦ РАН
Сударыня	<i>lutescens</i>	Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Верхневолжский ФАНЦ
Тризо	<i>lutescens</i>	Германия
Тюменская 25	<i>lutescens</i>	ФИЦ «Тюменский научный центр СО РАН»
АС Karma	<i>graecum</i>	Канада, Саскачеван
АС Taber	<i>erythrosperrum</i>	Канада, Саскачеван
BW 90	<i>lutescens</i>	Канада
МК №41 (линия синтетической пшеницы)	<i>erythrosperrum</i>	Комбинация (SD 3355 /4/ Milan/Kauz // Prinia /3/ Bav 92) из CIMMYT (Мексика)
МК №153 (линия синтетической пшеницы)	<i>lutescens</i> + <i>erythrosperrum</i>	Комбинация (Lutescens 1085/7/Tob/Era// Tob/Cno 67/3/Plu/4/Vee#5/5/ Kauz./6/Fret2) из CIMMYT (Мексика)

Высокую степень фенотипического доминирования ($D > 1$) и коэффициенты истинного гетерозиса ($G_{ist} > 1$) по количественным признакам, положительно связанным с урожайностью (число и масса зерен с колоса, озерненность одного колоска, масса 1000 зерен), у гибридов F₁ принимали за косвенный признак перспективности и высокой селекционной ценности гибридной комбинации [5].

Результаты и их обсуждение

Основными элементами структуры урожая у яровой пшеницы, тесно связанными с итоговой урожайностью агроценоза, являются число и масса зерна с колоса, озерненность одного колоска, масса 1000 зерен. Эти показатели рекомендуются селекционерами в качестве морфологических маркеров для отбора наиболее урожайных генотипов [3, 5, 10, 14]. Поэтому информация о типе их наследования и возможном гетерозисе у гибридов F₁ будет полезна для выделения перспективных комбинаций, в которых в последующих поколениях возможен отбор трансгрессивных форм.

Родительские формы гибридов значительно различались по среднему числу зерен с колоса (табл. 2). Наиболее озер-

ненными были сорта Гранни (68 шт.), КВС Аквилон (63 шт.), Иволга (67 шт.), Агата (59 шт.), Лиза (59 шт.), Лада (57 шт.).

Значения показателя для остальных сортов варьировали в пределах 35-55 шт. Гибриды F₁ содержали весь спектр наследования – от депрессии до гетерозиса. Похожие результаты получены коллегами из Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий [17]. По мнению ряда исследователей [18, 19] при наследовании числа зерен в колосе по типу доминирования низких показателей родителя идет резкое снижение вероятности отбора положительных трансгрессий в гибридных популяциях, поэтому такие комбинации необходимо выбраковывать в первом поколении.

В комбинациях на основе сорта Злата преобладающим характером наследования числа зерен в колосе были гетерозис и доминирование признака лучшего родителя (почти 80%). Наиболее высокий гетерозис проявился в комбинациях с опылителями МК№41, МК№153 и BW 90. Эти комбинации можно выделить как наиболее перспективные.

В комбинациях на базе сортов Экада 66, Гранни и КВС Аквилон промежуточный и рецессивный характер наследо-

Таблица 2. Характер наследования числа зерен в главном колосе и наличие истинного гетерозиса у гибридов F_1 пшеницы мягкой яровой
 Table 2. The nature of inheritance of the number of grains in the main spike and the presence of true heterosis in F_1 hybrids of soft spring wheat

Гибридная комбинация	♀	F_1	♂	D	Характер наследования	Г ист., %
♀ Злата × ♂ МК№41	42,2	63,0	48,1	6,1	гетерозис	31,0
♀ Злата × ♂ АС Карма	42,2	49,1	50,8	0,6	доминир.	-3,3
♀ Злата × ♂ КВС Аквилон	42,2	60,6	63,2	0,8	доминир.	-4,1
♀ Злата × ♂ Экада 66	42,2	47,4	49,3	0,5	промежут.	-3,9
♀ Злата × ♂ BW 90	42,2	46,1	35,2	2,1	гетерозис	9,2
♀ Злата × ♂ Тюменская 25	42,2	45,9	49,4	0,0	промежут.	-7,1
♀ Злата × ♂ Сударыня	42,2	55,7	53,6	1,4	гетерозис	3,9
♀ Злата × ♂ Симбирцит	42,2	52,4	49,5	1,8	гетерозис	5,9
♀ Злата × ♂ МК №153	42,2	65,3	47,5	7,7	гетерозис	37,5
♀ Экада 66 × ♂ Тризо	49,3	50,4	54,7	-0,6	рецессивное	-7,9
♀ Экада 66 × ♂ Тюменская 25	49,3	50,6	49,4	25,0	гетерозис	2,4
♀ Экада 66 × ♂ Лада	49,3	52,6	57,4	-0,2	промежут.	-8,4
♀ Экада 66 × ♂ Гранни	49,3	63,5	68,8	0,5	промежут.	-7,7
♀ Экада 66 × ♂ КВС Аквилон	49,3	60,3	63,2	0,6	доминир.	-4,6
♀ Экада 66 × ♂ Иволга	49,3	52,8	67,2	-0,6	рецессивное	-21,4
♀ Экада 66 × ♂ Агата	49,3	51,1	58,8	-0,6	рецессивное	-13,1
♀ Экада 66 × ♂ Симбирцит	49,3	55,2	49,5	58,0	гетерозис	11,5
♀ Экада 66 × ♂ Злата	49,3	51,6	42,2	1,6	гетерозис	4,7
♀ Гранни × ♂ Сударыня	68,8	41,4	53,6	-2,6	депрессия	-39,8
♀ Гранни × ♂ Лиза	68,8	80,5	58,9	3,4	гетерозис	17,0
♀ Гранни × ♂ Лада	68,8	79,3	57,4	2,8	гетерозис	15,3
♀ Гранни × ♂ Тризо	68,8	65,5	54,7	0,5	доминир.	-4,8
♀ Гранни × ♂ Симбирцит	68,8	63,0	49,5	0,4	промежут.	-8,4
♀ Гранни × ♂ Экада 66	68,8	69,7	49,3	1,1	гетерозис	1,3
♀ Гранни × ♂ Злата	68,8	60,5	42,2	0,4	промежут.	-12,1
♀ КВС Аквилон × ♂ Злата	63,2	57,4	42,2	0,4	промежут.	-9,2
♀ КВС Аквилон × ♂ Л. МК153	63,2	56,4	47,5	0,1	промежут.	-10,8
♀ КВС Аквилон × ♂ BW90	63,2	55,3	35,2	0,4	промежут.	-12,5
♀ КВС Аквилон × ♂ Иволга	63,2	64,1	67,2	-0,6	рецессивное	-4,6
♀ КВС Аквилон × ♂ АС Taber	63,2	76,5	46,3	2,6	гетерозис	21,0
♀ КВС Аквилон × ♂ Сударыня	63,2	60,2	53,6	0,4	промежут.	-4,7
♀ КВС Аквилон × ♂ Агата	63,2	70,4	58,8	4,3	гетерозис	11,4
♀ КВС Аквилон × ♂ Лада	63,2	66,5	57,4	2,1	гетерозис	5,2
♀ КВС Аквилон × ♂ Экада 66	63,2	66,1	49,3	1,4	гетерозис	4,6
♀ КВС Аквилон × ♂ Тюменская 25	63,2	55,2	49,4	-0,2	промежут.	-12,7
♀ КВС Аквилон × ♂ Симбирцит	63,2	62,3	49,5	0,9	доминир.	-1,4
♀ КВС Аквилон × ♂ АС Карма	63,2	65,8	50,8	1,4	гетерозис	4,1
♀ Иволга × ♂ Тюменская 25	67,2	54,5	49,4	-0,4	промежут.	-18,9
♀ Иволга × ♂ КВС Аквилон	67,2	64,8	63,2	-0,2	промежут.	-3,6
♀ Иволга × ♂ Линия МК №41	67,2	47,9	48,1	-1,0	рецессивное	-28,7
♀ Иволга × ♂ АС Taber	67,2	53,3	46,3	-0,3	промежут.	-20,7
♀ Иволга × ♂ АС Карма	67,2	63,7	50,8	0,6	доминир.	-5,2
♀ Иволга × ♂ BW90	67,2	49,7	35,2	-0,1	промежут.	-26,0
♀ Иволга × ♂ Экада 66	67,2	63,3	49,3	0,6	доминир.	-5,8
♀ Иволга × ♂ Гранни	67,2	71,5	68,8	4,4	гетерозис	3,9

Таблица 3. Характер наследования среднего числа зерен в колоске и наличие истинного гетерозиса у гибридов F₁ пшеницы мягкой яровой
 Table 3. The nature of inheritance of the average number of grains in a spikelet and the presence of true heterosis in F₁ hybrids of soft spring wheat

Гибридная комбинация	♀	F ₁	♂	D	Характер наследования	Г ист., %
♀Злата × ♂ МК№41	2,6	3,7	3,1	3,4	гетерозис	19,4
♀ Злата × ♂ АС Карма	2,6	3,0	3,2	0,3	промежут.	-6,3
♀ Злата × ♂ КВС Аквилон	2,6	3,2	3,6	0,2	промежут.	-11,1
♀ Злата × ♂ Экада 66	2,6	2,6	2,5	1,0	доминир.	0,0
♀ Злата × ♂ BW 90	2,6	2,6	2,6	0,0	промежут.	0,0
♀ Злата × ♂ Тюменская 25	2,6	2,6	2,8	-1,0	рецессивное	-7,1
♀ Злата × ♂ Сударыня	2,6	3,0	2,9	1,7	гетерозис	3,4
♀ Злата × ♂ Симбирцит	2,6	2,8	2,7	7,0	гетерозис	5,7
♀ Злата × ♂ МК №153	2,6	3,5	2,7	17,0	гетерозис	29,6
♀ Экада 66 × ♂ Тризо	2,5	2,6	3,1	-0,7	рецессивное	-16,1
♀ Экада 66 × ♂ Тюменская 25	2,5	2,7	2,8	0,3	промежут.	-3,6
♀ Экада 66 × ♂ Лада	2,5	2,8	3,0	0,2	промежут.	-6,7
♀ Экада 66 × ♂ Гранни	2,5	3,4	3,7	0,5	промежут.	-8,1
♀ Экада 66 × ♂ КВС Аквилон	2,5	3,2	3,6	0,3	промежут.	-11,1
♀ Экада 66 × ♂ Иволга	2,5	2,8	3,7	-0,5	промежут.	-24,3
♀ Экада 66 × ♂ Агата	2,5	2,8	3,3	-0,3	промежут.	-15,2
♀ Экада 66 × ♂ Симбирцит	2,5	2,9	2,6	7,0	гетерозис	11,5
♀ Экада 66 × ♂ Злата	2,5	2,8	2,6	5,0	гетерозис	7,7
♀Гранни × ♂ Сударыня	3,7	2,2	2,9	-2,8	депрессия	-40,5
♀ Гранни × ♂ Лиза	3,7	4,0	3,3	2,5	гетерозис	8,1
♀ Гранни × ♂ Лада	3,7	4,3	3,0	2,7	гетерозис	16,2
♀ Гранни × ♂ Тризо	3,7	3,4	3,1	0,0	промежут.	-8,1
♀ Гранни × ♂ Симбирцит	3,7	3,3	2,6	0,3	промежут.	-10,8
♀ Гранни × ♂ Экада 66	3,7	3,6	2,5	0,8	доминир.	-2,7
♀ Гранни × ♂ Злата	3,7	3,6	2,6	0,8	доминир.	-2,7
♀КВС Аквилон × ♂Злата	3,6	3,3	2,6	0,4	промежут.	-8,3
♀ КВС Аквилон × ♂ Л. МК153	3,6	3,1	2,7	-0,1	промежут.	-13,9
♀ КВС Аквилон × ♂ BW90	3,6	3,2	2,6	0,2	промежут.	-11,1
♀ КВС Аквилон × ♂ Иволга	3,6	3,6	3,7	-1,0	рецессивное	-2,7
♀ КВС Аквилон × ♂ АС Taber	3,6	4,3	2,9	3,0	гетерозис	19,4
♀ КВС Аквилон × ♂ Сударыня	3,6	3,4	2,9	0,4	промежут.	-5,6
♀ КВС Аквилон × ♂ Агата	3,6	3,8	3,3	2,3	гетерозис	5,6
♀ КВС Аквилон × ♂ Лада	3,6	3,4	3,0	0,3	промежут.	-5,6
♀ КВС Аквилон × ♂ Экада 66	3,6	3,5	2,5	0,8	доминир.	-2,8
♀ КВС Аквилон × ♂Тюменская 25	3,6	3,2	2,8	0,0	промежут.	-11,1
♀ КВС Аквилон × ♂ Симбирцит	3,6	3,3	2,6	0,4	промежут.	-8,3
♀ КВС Аквилон × ♂ АС Карма	3,6	4,0	3,2	3,0	гетерозис	11,1
♀Иволга × ♂ Тюменская 25	3,7	3,1	2,8	-0,3	промежут.	-16,2
♀Иволга × ♂КВС Аквилон	3,7	3,6	3,6	-1,0	рецессивное	-2,7
♀ Иволга × ♂ Линия МК №41	3,7	2,8	3,1	-2,0	депрессия	-24,3
♀ Иволга × ♂ АС Taber	3,7	3,3	2,9	0,0	промежут.	-10,8
♀ Иволга × ♂ АС Карма	3,7	3,8	3,2	1,4	гетерозис	2,7
♀ Иволга × ♂ BW90	3,7	2,8	2,6	-0,6	рецессивное	-24,3
♀ Иволга × ♂ Экада 66	3,7	3,4	2,5	0,5	промежут.	-8,1
♀ Иволга × ♂ Гранни	3,7	3,9	3,8	7,0	гетерозис	4,0

вания обнаружился примерно у половины комбинаций (56%). Остальные имели гетерозис или доминирование лучшего родителя (44%). Истинный гетерозис был отмечен в комбинациях на базе материнской формы Экада 66 с опылителями Тюменская 25, Симбирцит, Злата, на базе материнской формы Гранни с опылителями Лиза, Лада, Экада 66, на базе материнской формы КВС Аквилон с опылителями АС Taber, Агата, Лада, Экада 66, АС Карма. В случае с материн-

ской формой Иволга преобладающим характером наследования были промежуточное и рецессивное (63%). Это можно объяснить высокой озерненностью материнской формы, которую трудно превзойти. Только у гибрида F₁ с опылителем Гранни выявлен гетерозис.

Таким образом, из 45 изученных гибридов F₁ пшеницы мягкой яровой выявлено 17 комбинаций, имеющих степень фенотипического доминирования D выше 1 и положительные

значения истинного гетерозиса Гист. Эти комбинации нужно внимательно проработать на предмет выделения трансгрессивных форм в последующих гибридных поколениях.

Озерненность одного колоска показывает соответствие потенциальной продуктивности реальной. Чем выше данный показатель, тем лучше растение реализует свой потенциал, тем больше может быть зерен в колосе. Исходные сорта пшеницы различались по этому показателю. Колосья с наиболее озерненными колосками имели сорта Гранни, Иволга (3,7 шт.), КВС Аквилон (3,6 шт.). У остальных значе-

ния варьировали в пределах 2,5-3,4 шт. Характер наследования этого признака гибридами F_1 зависит от комбинации и варьирует от депрессии до гетерозиса (табл. 3). При этом прослеживается параллелизм характера наследования озерненности колоска с озерненностью колоса. В комбинациях на базе сорта Злата около половины гибридов F_1 имеют промежуточный характер наследования, и столько же – гетерозис (опылители МК№41, Сударыня, Симбирцит, МК №153). У комбинаций на базе сорта Экада 66 преобладает промежуточный характер наследования. Только с опы-

Таблица 4. Характер наследования массы зерен в главном колосе и наличие истинного гетерозиса у гибридов F_1 пшеницы мягкой яровой
Table 4. The nature of inheritance of grain weight in the main spike and the presence of true heterosis in F_1 hybrids of soft spring wheat

Гибридная комбинация	♀	F_1	♂	D	Характер наследования	Г ист., %
♀Злата × ♂ МК№41	1,8	3,0	2,1	7,0	гетерозис	42,9
♀ Злата × ♂ АС Карма	1,8	2,4	2,5	0,7	доминир.	-4,0
♀ Злата × ♂ КВС Аквилон	1,8	2,9	2,9	1,0	доминир.	0,0
♀ Злата × ♂ Экада 66	1,8	2,2	2,5	0,1	промежут.	-12,0
♀ Злата × ♂ BW 90	1,8	2,1	1,5	3,0	гетерозис	16,7
♀ Злата × ♂ Тюменская 25	1,8	2,1	2,0	2,0	гетерозис	5,0
♀ Злата × ♂ Сударыня	1,8	2,9	2,5	2,1	гетерозис	16,0
♀ Злата × ♂ Симбирцит	1,8	2,6	2,5	1,3	гетерозис	4,0
♀ Злата × ♂ МК №153	1,8	3,4	2,3	5,4	гетерозис	47,8
♀ Экада 66 × ♂ Тризо	2,5	2,6	2,6	3,0	гетерозис	2,0
♀ Экада 66 × ♂ Тюменская 25	2,5	2,5	2,0	1,0	доминир.	0,0
♀ Экада 66 × ♂ Лада	2,5	2,6	2,6	1,0	доминир.	0,0
♀ Экада 66 × ♂ Гранни	2,5	3,2	3,2	1,0	доминир.	0,0
♀ Экада 66 × ♂ КВС Аквилон	2,5	3,1	2,9	2,0	гетерозис	6,9
♀ Экада 66 × ♂ Иволга	2,5	2,7	2,8	0,3	промежут.	-3,6
♀ Экада 66 × ♂ Агата	2,5	2,5	2,4	1,0	доминир.	4,2
♀ Экада 66 × ♂ Симбирцит	2,5	3,1	2,6	23,0	гетерозис	21,6
♀ Экада 66 × ♂ Злата	2,5	2,6	1,8	1,3	гетерозис	4,0
♀ Гранни × ♂ Сударыня	3,2	2,2	2,5	-1,9	депрессия	-31,3
♀ Гранни × ♂ Лиза	3,2	3,7	2,5	2,4	гетерозис	15,6
♀ Гранни × ♂ Лада	3,2	3,9	2,6	3,3	гетерозис	21,9
♀ Гранни × ♂ Тризо	3,2	3,0	2,5	0,4	промежут.	-6,3
♀ Гранни × ♂ Симбирцит	3,2	3,0	2,5	0,4	промежут.	-6,3
♀ Гранни × ♂ Экада 66	3,2	3,5	2,5	1,9	гетерозис	9,4
♀ Гранни × ♂ Злата	3,2	2,9	1,8	0,6	доминир.	-9,4
♀ КВС Аквилон × ♂ Злата	2,9	2,6	1,8	0,5	промежут.	-10,3
♀ КВС Аквилон × ♂ Л. МК153	2,9	2,6	2,3	0,0	промежут.	-10,3
♀ КВС Аквилон × ♂ BW90	2,9	2,2	1,5	0,0	промежут.	-24,1
♀ КВС Аквилон × ♂ Иволга	2,9	2,8	2,8	-1,0	рецессивное	-3,4
♀ КВС Аквилон × ♂ АС Taber	2,9	3,6	2,4	3,8	гетерозис	24,1
♀ КВС Аквилон × ♂ Сударыня	2,9	3,0	2,5	1,5	гетерозис	3,4
♀ КВС Аквилон × ♂ Агата	2,9	3,4	2,4	3,0	гетерозис	17,2
♀ КВС Аквилон × ♂ Лада	2,9	3,3	2,6	3,7	гетерозис	13,8
♀ КВС Аквилон × ♂ Экада 66	2,9	3,4	2,5	3,5	гетерозис	17,2
♀ КВС Аквилон × ♂ Тюменская 25	2,9	2,5	2,0	0,1	промежут.	-13,8
♀ КВС Аквилон × ♂ Симбирцит	2,9	3,1	2,5	2,0	гетерозис	6,9
♀ КВС Аквилон × ♂ АС Карма	2,9	3,0	2,5	1,5	гетерозис	3,4
♀ Иволга × ♂ Тюменская 25	2,8	2,5	2,0	0,3	промежут.	-10,7
♀ Иволга × ♂ КВС Аквилон	2,8	2,8	2,9	-1,0	рецессивное	-3,4
♀ Иволга × ♂ Линия МК №41	2,8	2,4	2,1	-0,1	промежут.	-14,3
♀ Иволга × ♂ АС Taber	2,8	2,6	2,4	0,0	промежут.	-7,1
♀ Иволга × ♂ АС Карма	2,8	3,0	2,5	2,3	гетерозис	7,1
♀ Иволга × ♂ BW90	2,8	2,3	1,5	0,2	промежут.	-17,9
♀ Иволга × ♂ Экада 66	2,8	2,9	2,5	1,7	гетерозис	3,6
♀ Иволга × ♂ Гранни	2,8	3,3	3,2	1,5	гетерозис	3,1

лителями Симбирцит и Злата выявлен гетерозис. У комбинаций на базе сорта Гранни гетерозис отмечен с опылителями Лиза и Лада. У большинства гибридов F_1 на основе сорта КВС Аквилон выявлен промежуточный характер наследования, только в комбинациях с опылителями AC Taber, Агата и AC Карма наблюдался гетерозис. У гибридов на основе сорта Иволга гетерозис отмечен с опылителями AC Карма и Гранни. Эти комбинации могут представлять интерес для последующего выделения трансгрессивных форм с высокой озерненностью колоска.

Исходные сорта различались по массе зерен в главном колосе (табл. 4). Наиболее высокими значениями характеризовались сорта Гранни (3,2 г), КВС Аквилон (2,9 г), Иволга (2,8 г). Масса зерен остальных родительских форм варьировала в пределах 1,8-2,6 г. У гибридов F_1 преобладающим характером наследования этого признака оказался гетерозис совместно с доминированием признака лучшего родителя (67%). Причем наличие гетерозиса по массе зерна с колоса далеко не всегда совпадало с гетерозисом по числу зерен с колоса и озерненности колоска. Поэтому целесооб-

Таблица 5. Характер наследования массы 1000 зерен и наличие истинного гетерозиса у гибридов F_1 пшеницы мягкой яровой
Table 5. The nature of inheritance of 1000-grain weight and the presence of true heterosis in F_1 hybrids of soft spring wheat

Гибридная комбинация	♀	F_1	♂	D	Характер наследования	Г ист., %
♀ Злата × ♂ МК№41	40,0	45,2	38,9	10,5	гетерозис	13,0
♀ Злата × ♂ AC Карма	40,0	46,1	45,2	1,3	гетерозис	2,0
♀ Злата × ♂ КВС Аквилон	40,0	46,1	42,7	3,5	гетерозис	8,0
♀ Злата × ♂ Экада 66	40,0	45,1	48,8	0,2	аддитивное	-7,6
♀ Злата × ♂ BW 90	40,0	46,5	40,2	64,0	гетерозис	15,7
♀ Злата × ♂ Тюменская 25	40,0	44,6	39,9	93,0	гетерозис	11,5
♀ Злата × ♂ Сударыня	40,0	50,1	43,5	4,8	гетерозис	15,2
♀ Злата × ♂ Симбирцит	40,0	48,0	46,8	1,4	гетерозис	2,6
♀ Злата × ♂ МК №153	40,0	50,4	44,9	3,2	гетерозис	12,2
♀ Экада 66 × ♂ Тризо	48,8	52,0	43,8	2,3	гетерозис	6,6
♀ Экада 66 × ♂ Тюменская 25	48,8	48,4	39,9	0,9	доминир.	-0,8
♀ Экада 66 × ♂ Лада	48,8	49,5	43,5	1,3	гетерозис	1,4
♀ Экада 66 × ♂ Гранни	48,8	48,9	44,6	1,0	доминир.	0,2
♀ Экада 66 × ♂ КВС Аквилон	48,8	49,4	42,7	1,2	гетерозис	1,2
♀ Экада 66 × ♂ Иволга	48,8	47,1	39,0	0,7	доминир.	-3,5
♀ Экада 66 × ♂ Агата	48,8	45,7	39,2	0,4	аддитивное	-6,4
♀ Экада 66 × ♂ Симбирцит	48,8	53,4	46,8	5,6	гетерозис	9,4
♀ Экада 66 × ♂ Злата	48,8	47,8	40,0	0,8	доминир.	-2,0
♀ Гранни × ♂ Сударыня	44,6	51,4	43,5	13,4	гетерозис	15,2
♀ Гранни × ♂ Лиза	44,6	44,7	41,2	1,1	гетерозис	0,2
♀ Гранни × ♂ Лада	44,6	48,0	43,5	7,2	гетерозис	7,6
♀ Гранни × ♂ Тризо	44,6	44,6	43,8	1,0	доминир.	0,0
♀ Гранни × ♂ Симбирцит	44,6	45,2	46,8	-0,5	рецессивное	-3,4
♀ Гранни × ♂ Экада 66	44,6	48,2	48,8	0,7	доминир.	-1,2
♀ Гранни × ♂ Злата	44,6	46,7	40,0	1,9	гетерозис	4,7
♀ КВС Аквилон × ♂ Злата	42,7	44,8	40,0	2,6	гетерозис	4,9
♀ КВС Аквилон × ♂ Л. МК153	42,7	45,0	44,9	1,1	гетерозис	0,2
♀ КВС Аквилон × ♂ BW90	42,7	38,8	40,2	-2,1	депрессия	-9,1
♀ КВС Аквилон × ♂ Иволга	42,7	41,5	39,0	0,4	аддитивное	-2,8
♀ КВС Аквилон × ♂ AC Taber	42,7	45,6	47,9	0,1	аддитивное	-4,8
♀ КВС Аквилон × ♂ Сударыня	42,7	47,1	43,5	10,0	гетерозис	8,3
♀ КВС Аквилон × ♂ Агата	42,7	46,7	39,2	3,3	гетерозис	9,4
♀ КВС Аквилон × ♂ Лада	42,7	48,6	43,5	13,8	гетерозис	11,7
♀ КВС Аквилон × ♂ Экада 66	42,7	49,5	48,8	1,2	гетерозис	1,4
♀ КВС Аквилон × ♂ Тюменская 25	42,7	43,4	39,9	1,5	гетерозис	1,6
♀ КВС Аквилон × ♂ Симбирцит	42,7	48,2	46,8	1,7	гетерозис	3,0
♀ КВС Аквилон × ♂ AC Карма	42,7	44,1	45,2	0,1	аддитивное	-2,4
♀ Иволга × ♂ Тюменская 25	39,0	43,9	39,9	9,9	гетерозис	10,0
♀ Иволга × ♂ КВС Аквилон	39,0	40,3	42,7	-0,3	аддитивное	-5,6
♀ Иволга × ♂ Линия МК №41	39	47,3	38,9	167,0	гетерозис	21,3
♀ Иволга × ♂ AC Taber	39	47	47,9	0,8	доминир.	-1,9
♀ Иволга × ♂ AC Карма	39	45,1	45,2	1,0	доминир.	-0,2
♀ Иволга × ♂ BW90	39	44,3	40,2	7,8	гетерозис	10,2
♀ Иволга × ♂ Экада 66	39	44,8	48,8	0,2	аддитивное	-8,2
♀ Иволга × ♂ Гранни	39	44,5	44,6	1,0	доминир.	-0,2

Таблица 6. Гибридные комбинации с D выше 1 и наличием истинного гетерозиса в F₁ по признакам числа и массы зерен в главном колосе, озерненности колоска и массе 1000 зерен
Table 6. Hybrid combinations with D above 1 and the presence of true heterosis in F₁ for the traits of number and weight of grains in the main spike, grain content of the spikelet and weight of 1000 grains

Материнская форма	Опылители, при которых проявляется гетерозис по признакам:				
	число зерен в колосе	число зерен в колоске	масса зерен в колосе	масса 1000 зерен	одновременно по большинству признаков
Злата	МК№41, BW90, Сударыня, Симбирцит, МК №153	МК№41, Сударыня, Симбирцит, МК №153	МК№41, BW90, Тюменская 25, Сударыня, Симбирцит, МК №153	МК№41, AC Karma, KBC Аквилон, BW90, Тюменская 25, Сударыня, Симбирцит, МК №153	МК№41, Сударыня, Симбирцит, МК №153
Экада 66	Тюменская 25 Симбирцит, Злата	Симбирцит, Злата	Тризо, KBC Аквилон, Симбирцит, Злата	Тризо, Лада, Грани, KBC Аквилон, Симбирцит	Симбирцит, Злата
Грани	Лиза, Лада, Экада 66	Лиза, Лада	Лиза, Лада, Экада 66	Сударыня, Лиза, Лада, Злата	Лиза, Лада
KBC Аквилон	AC Taber, Агата, Лада, Экада 66, AC Karma	AC Taber, Агата, AC Karma	AC Taber, Сударыня, Агата, Лада, Экада 66, Симбирцит, AC Karma	Злата, Сударыня, Агата, Лада, Экада 66, Тюменская 25, Симбирцит,	AC Taber, Агата, AC Karma
Иволга	Грани	Грани, AC Karma	AC Karma, Экада 66, Грани	Тюменская 25, МК№41, BW90	Грани

разно выделить гибриды F₁, имеющие гетерозис сразу по нескольким количественным признакам, чтобы в последующих поколениях отобрать формы с соответствующими трансгрессиями (табл. 6).

Однако не стоит пренебрегать гибридными комбинациями, у которых проявился гетерозис только для признака масса зерен в главном колосе. Данный элемент структуры урожая наиболее тесно связан с итоговой урожайностью, поэтому отбор перспективных форм только по массе зерна с колоса также допустим. В комбинациях на базе сорта Злата гетерозис проявился с опылителями МК№41, BW90, Тюменская 25, Сударыня, Симбирцит и МК №153. Для материнского сорта Экада 66 наилучшими опылителями оказались Тризо, KBC Аквилон, Симбирцит и Злата. У гибридов F₁ на базе сорта Грани гетерозис проявился с опылителями Лиза, Лада и Экада 66. Для гибридов F₁ с сортом KBC Аквилон наиболее перспективные комбинации получены с опылителями AC Taber, Сударыня, Агата, Лада, Экада 66, Симбирцит и AC Karma. Гетерозис по массе зерна с колоса у гибридов F₁ на базе сорта Иволга проявился только с опылителями AC Karma, Экада 66, и Грани.

Характер наследования массы 1000 зерен гибридами F₁ мягкой пшеницы практически совпадает с наследованием массы зерен в главном колосе. Причем по массе 1000 зерен преобладающим характером наследования является гетерозис и доминирование (80% гибридов). Похожие результаты получены исследователями Ростовского аграрного научного центра при изучении озимой пшеницы. Коллеги сообщают, что большинство изученных комбинаций (до 55%) проявляли гетерозис по данному признаку [8]. Исследователи Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий отмечают широкое варьирование наследования данного признака гибридами F₁ – от депрессии до сверхдоминирования [20]. Гибридные комбинации с проявлением истинного гетерозиса представлены в таблице 6.

В таблице 6 представлены итоги анализа характера наследования элементов структуры урожая мягкой яровой пшеницы. Было выявлено, что по массе зерен с главного колоса и массе 1000 зерен количество комбинаций с проявлением истинного гетерозиса у гибридов F₁ было максимальным в 2022 г. Поскольку этот год был благоприятным для роста и развития яровой пшеницы, то можно предполагать проявление всех потенциальных возможностей гибридов. Выявлены комбинации, в которых гетерозис проявился по большинству количественных признаков, тесно связанных с урожайностью. Эти комбинации следует тщательно прорабатывать в дальнейших поколениях для получения трансгрессивных высокоурожайных и высокоадаптивных линий яровой пшеницы для условий ЦРНЗ.

Заключение

По результатам анализа характера наследования количественных признаков, связанных с продуктивностью, установлено, что примерно половина гибридных комбинаций проявляют гетерозис по числу зерен в главном колосе (около 60%), около 30% комбинаций проявляют гетерозис по числу зерен в колоске, свыше 60% – по массе зерен с главного колоса и около 80% – по массе 1000 зерен. Это служит косвенным доказательством эффективности метода индексов для подбора пар для скрещиваний.

Были выделены комбинации с проявлением истинного гетерозиса по комплексу количественных признаков. Для материнской формы Злата наилучшие комбинации получены с опылителями МК№41, Сударыня, Симбирцит и МК №153; для Экада 66 – Симбирцит, Злата; для Грани – Лиза, Лада; для KBC Аквилон – AC Taber, Агата, AC Karma; для Иволга – Грани. Очевидно, они обладают высокой комбинационной способностью.

• Литература

1. Наджодов Б.Б., Рубец В.С., Пыльнев В.В., Ворончихина И.Н. Влияние метеорологических условий на формирование хозяйственно-полезных признаков яровой пшеницы в условиях ЦРНЗ. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2023; (7): 47-64. DOI: <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-6-47-64>.
2. Кадушкина В.П., Грабовец А.И. Наследование элементов продуктивности у гибридов F₁ яровой твердой пшеницы и возможность прогноза их перспективности. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019; (77): 54-56.
3. Неттевич Э.Д. Избранные труды. Селекция и семеноводство яровых зерновых культур. М.: Немчиновка, 2008. 348 с.
4. Туктарова Н.Г., Торбина И.В. Проявление гетерозиса озимой пшеницы в гибридном питомнике первого года. *Владимирский земледелец*. 2016; 3(77): 35-37.
5. Крохмаль А.В., Грабовец А.И., Гординская Е.А. Особенности трансгрессивной изменчивости и формообразования при селекции тритикале на продуктивность. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2021; (4):17-22. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500262721040049>.
6. Савченко В.К. генетический анализ в сетевых пробных скрещиваниях. – Минск.: «Наука и техника», 1984. 223 с.
7. Мельникова Т.Б., Мельников Р.В. Наследование количественных признаков образцами озимой мягкой пшеницы в условиях Республики Беларусь. *Земледелие и селекция в Беларуси*. 2022. (58): 324-330.
8. Фоменко М. А., Грабовец А. И., Мельникова О. В. Наследование хозяйственно ценных признаков гибридами мягкой озимой пшеницы в степной зоне Ростовской области. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2016; 4(60): 17-20.
9. Выюшков А.А. Селекция яровой пшеницы в Среднем Поволжье. Самара, 2004. 223 с.
10. Давыдова Н.В., Казаченко О.А., Широколава А.В. Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы на урожайность и устойчивость к стрессовым факторам внешней среды в условиях Центрального Нечерноземья. *Аграрная Россия*. 2021; (9):9-13. DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2021-9-9-13>.
11. Калинин И.Г. Оценить гибриды пшеницы на урожай и качество зерна в первых поколениях. *Селекция и семеноводство*. 1964; (2): 38-41.
12. Коновалова И.В., Богдан П.М., Клыков А.Г. Сравнительный анализ гибридов F₁ яровой мягкой пшеницы при реципрокных скрещиваниях. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2019; 2(50): 39-44. DOI: <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2019-12018>.
13. Кузьмин Н.А., Гладышева О.В., Григораш О.С. Эффект гетерозиса как показатель селекционной ценности исходного материала. *Вестник РГАУ*. 2009; (4): 26-29.
14. Ворончихин В.В., Пыльнев В.В., Рубец В.С., Ворончихина И.Н. Использование метода индексов при комплексной оценке генетической коллекции тритикале. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019; (7): 92-100.
15. Griffing B.A. Concert of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austral. J. Biol. Sci.* 1956. (9):.463-493.
16. Омаров Д.С. К методике оценки гетерозиса у растений. *Сельскохозяйственная биология*. 1975; 10 (1):123-127.
17. Валежанин В.С., Коробейников Н.И. Изменчивость и характер наследования числа зерен колоса гибридами F₁ мягкой яровой пшеницы в условиях Приобской лесостепи Алтайского края. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2020; №3(185): 23-29.
18. Шиндин И. М. Наследование количественных признаков гибридами мягкой яровой пшеницы в условиях Дальнего Востока *Вестник КрасГАУ*. 2008; № 46: 66-70
19. Цильке Р. А. Генетика, цитогенетика и селекция растений. Собрание научных трудов. Новосибирск: НГАУ, 2003. 620 с.
20. Валежанин В.С., Коробейников Н.И. Изменчивость и характер наследования массы 1000 зерен в диаллельных скрещиваниях пшеницы мягкой яровой. *Достижения науки и техники АПК*. 2019; Т.33 (3):42-44. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10310

Об авторах:

Ирина Николаевна Ворончихина – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации ГБС РАН, <https://orcid.org/0000-0002-0639-2709>, SPIN-код: 9967-5608, автор для переписки, voronchikhinayarinka@yandex.ru

Данила Андреевич Щелканов – инженер-исследователь отдела отдаленной гибридизации ГБС РАН, SPIN-код: 2514-4139, danila.shelkanov@yandex.ru

Валентина Сергеевна Рубец – доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации ГБС РАН, Ведущий научный сотрудник лаборатории прикладной геномики и частной селекции сельскохозяйственных растений ВНИИСБ, <https://orcid.org/0000-0003-1870-7242>, SPIN-код: 8963-2357, Valentina.rubets50@gmail.com

Виктор Викторович Ворончихин – кандидат с.-х. наук, научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации ГБС РАН, <https://orcid.org/0000-0002-5763-0877>, SPIN-код: 3735-2160, vitya.voronchihin@gmail.com

• References

1. Nadzhodov B.B., Rubets V.S., Pylnev V.V., Voronchikhin I.N. The influence of meteorological conditions on the formation of economically useful traits of spring wheat in the conditions of the Central Russian Agricultural Zone. *Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy*. 2023; (7): 47-64. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-6-47-64>.
2. Kadushkina V.P., Grabovets A.I. Inheritance of productivity elements in F₁ hybrids of spring durum wheat and the possibility of predicting their prospects. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*. 2019; (77): 54-56. (In Russ.)
3. Nettevich E.D. Selected works. Breeding and seed production of spring grain crops. Moscow: Nemchinovka, 2008. 348 p. (In Russ.)
4. Tuktartova N.G., Torbina I.V. Manifestation of winter wheat heterosis in the first-year hybrid nursery. *Vladimirsky Zemledelets*. 2016; 3(77): 35-37. (In Russ.)
5. Krokhmal A.V., Grabovets A.I., Gordinskaya E.A. Features of transgressive variability and morphogenesis in triticales breeding for productivity. *Russian Agricultural Science*. 2021; (4):17-22. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500262721040049>.
6. Savchenko V.K. genetic analysis in network trial crosses. – Minsk.: "Science and Technology", 1984. 223 p. (In Russ.)
7. Melnikova TV, Melnikov RV Inheritance of quantitative traits by winter soft wheat samples in the conditions of the Republic of Belarus. *Agriculture and breeding in Belarus*. 2022. (58): 324-330. (In Russ.)
8. Fomenko MA, Grabovets AI, Melnikova OV Inheritance of economically valuable traits by soft winter wheat hybrids in the steppe zone of the Rostov region. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*. 2016; 4(60): 17-20. (In Russ.)
9. Vyushkov AA Breeding of spring wheat in the Middle Volga region. *Samara*. 2004. 223 p.
10. Davydova NV, Kazachenko OA, Shirokolava AV Source material for breeding spring soft wheat for yield and resistance to stress factors of the external environment in the conditions of the Central Non-Black Earth Region. *Agrarian Russia*. 2021; (9):9-13. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2021-9-9-13>.
11. Kalinenko I.G. Evaluate wheat hybrids for yield and grain quality in the first generations. *Breeding and Seed Production*. 1964; (2): 38-41. (In Russ.)
12. Konovalova I.V., Bogdan P.M., Klykov A.G. Comparative analysis of F₁ hybrids of spring soft wheat in reciprocal crossings. *Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2019; 2(50): 39-44. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2019-12018>.
13. Kuzmin N.A., Gladysheva O.V., Grigorash O.S. Heterosis effect as an indicator of the selection value of the source material. *RSATU Bulletin*. 2009; (4): 26-29. (In Russ.)
14. Voronchikhin V.V., Pylnev V.V., Rubets V.S., Voronchikhina I.N. Using the index method in a comprehensive assessment of the triticales genetic collection. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2019; (7): 92-100. (In Russ.)
15. Griffing B.A. Concert of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austral. J. Biol. Sci.* 1956. (9):.463-493.
16. Omarov D.S. On the methodology of heterosis assessment in plants. *Agricultural biology*. 1975; 10 (1):123-127. (In Russ.)
17. Valekzhanin V.S., Korobeynikov N.I. Variability and inheritance pattern of the number of grains per ear in F₁ hybrids of soft spring wheat under the conditions of the Ob forest-steppe of Altai Krai. *Bulletin of Altai State Agrarian University*. 2020; No. 3 (185): 23-29. (In Russ.)
18. Shindin I.M. Inheritance of quantitative traits in soft spring wheat hybrids under the conditions of the Far East *Bulletin of KrasSAU*. 2008; No. 46: 66-70. (In Russ.)
19. Tsilke R.A. Genetics, cytogenetics and plant breeding. Collection of scientific papers. Novosibirsk: NGAU, 2003. 620 p. (In Russ.)
20. Valekzhanin V.S., Korobeynikov N.I. Variability and inheritance patterns of 1000-grain weight in diallelic crosses of spring soft wheat. *Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex*. 2019; Vol. 33, (3): 42-44. (In Russ.) DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10310

About the Authors:

Irina N. Voronchikhina – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Department of Distant Hybridization, Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-0639-2709>, SPIN-code: 9967-5608, Corresponding Author, voronchikhinayarinka@yandex.ru

Danila A. Shchelkanov – Research Engineer, Department of Distant Hybridization, Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, SPIN-code: 2514-4139, danila.shelkanov@yandex.ru

Valentina S. Rubets – Dr. Sci. (Biology), Professor, Leading Researcher, Department of Distant Hybridization, Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Applied Genomics and Private Breeding of Agricultural Plants, All-Russian Research Institute of Plant Breeding, <https://orcid.org/0000-0003-1870-7242>, SPIN-code: 8963-2357, Valentina.rubets50@gmail.com

Viktor V. Voronchikhin – Cand. Sci. (Agriculture), Researcher, Department of Distant Hybridization of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-5763-0877>, SPIN-code: 3735-2160, vitya.voronchihin@gmail.com