

Виталий Сергеевич Валежжанин^{1✉}, Николай Иванович Коробейников²

^{1,2}Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, Барнаул, Россия

^{1,2}walvit80@mail.ru

КОМБИНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПО МАССЕ ЗЕРНА КОЛОСА В ТОПКРОССНЫХ СКРЕЩИВАНИЯХ

Цель исследований – провести анализ общей и специфической комбинационной способности мягкой яровой пшеницы по признаку «масса зерна колоса» в условиях Приобской лесостепи Алтайского края. Эксперимент проведен в 2020–2021 гг. по чистому пару на опытном поле Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий, расположенного в Приобской лесостепи Алтайского края. В работе изучена комбинационная способность сортов и линий мягкой яровой пшеницы по признаку «масса зерна главного колоса» по схеме топкроссных скрещиваний, состоящей из 13 материнских и 3 отцовских форм. Дана характеристика погодным условиям в годы проведения опыта. Установлено, что уровень проявления и характер наследования рассматриваемого признака, а также эффекты общей (ОКС) и специфической (СКС) комбинационной способности в значительной степени зависят от условий внешней среды и анализируемого поколения гибридов (F_1 и F_2). Доминирующий вклад в общую дисперсию массы зерна колоса вносят условия года (97,8 %), затем генотипические особенности (2,1 %) и их общее взаимодействие (0,1 %). Ведущая роль в системе генетического контроля признака принадлежит генам с аддитивным типом действия при небольшом вкладе неаддитивных эффектов генов. Сорта и линии тест-кроссных скрещиваний существенно различались по анализируемому признаку. В среднем за 2 года исследований более высокой массой зерна колоса среди материнских форм отличались сортообразцы: Омская 42, Лютесценс 186/04-6 и Лютесценс 6/04-4 (со значениями от 1,45 до 1,95 г), а среди отцовских – Лидер 80 (со значениями от 1,31 до 2,03 г). Отобраны ценные комбинации скрещиваний с высокой выраженностью изученного признака, которые перспективны как в плане отбора желаемых генотипов в ранних поколениях гибридов, так и в плане непосредственного использования в рекуррентной селекции при создании новых коммерческих сортов.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, масса зерна колоса, комбинационная способность, сорта, линии, индивидуальный отбор, исходный материал

Для цитирования: Валежжанин В.С., Коробейников Н.И. Комбинационная способность мягкой яровой пшеницы по массе зерна колоса в топкроссных скрещиваниях // Вестник КрасГАУ. 2023. № 12. С. 77–84. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-77-84.

Vitaly Sergeevich Valekzhanin^{1✉}, Nikolai Ivanovich Korobeinikov²

^{1,2}Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnologies, Barnaul, Russia

^{1,2}walvit80@mail.ru

COMBINATIVE ABILITY OF SOFT SPRING WHEAT BY GRAIN WEIGHT IN TOP CROSS CROSSES

The purpose of research is to analyze the general and specific combining ability of soft spring wheat based on the trait “grain weight per spike” in the conditions of the Priob forest-steppe of the Altai Region. The experiment was conducted in 2020–2021 using pure fallow on the experimental field of the Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnology, located in the Priob forest-steppe of the Altai Region. The work studied the combinative ability of varieties and lines of soft spring wheat for the trait “grain weight per main spike” according to a topcrossing scheme consisting of 13 maternal and 3 paternal forms. The weather conditions during the years of the experiment are characterized. It has been established that

the level of manifestation and the nature of inheritance of the trait under consideration, as well as the effects of general (GCA) and specific (SCA) combinative ability, largely depend on environmental conditions and the analyzed generation of hybrids (F_1 and F_2). The dominant contribution to the total dispersion of spike grain weight is made by year conditions (97.8 %), followed by genotypic characteristics (2.1 %) and their general interaction (0.1 %). The leading role in the system of genetic control of a trait belongs to genes with an additive type of action, with a small contribution from non-additive gene effects. The varieties and lines of test crosses differed significantly in the analyzed trait. On average, over 2 years of research, the following varieties differed in higher spike grain weight among maternal forms: Omskaya 42, Lutescens 186/04-6 and Lutescens 6/04-4 (with values from 1.45 to 1.95 g), and among paternal forms – Lider 80 (with values from 1.31 to 2.03 g). Valuable combinations of crosses with high expression of the studied trait have been selected, which are promising both in terms of selection of the desired genotypes in early generations of hybrids, and in terms of direct use in recurrent selection when creating new commercial varieties.

Keywords: spring soft wheat, spike grain weight, combinative ability, varieties, lines, individual selection, source material

For citation: Valekzhanin V.S., Korobeynikov N.I. Combinative ability of soft spring wheat by grain weight in top cross crosses // Bulliten KrasSAU. 2023;(12): 77–84. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-77-84.

Введение. Успех практической работы в селекции любой сельскохозяйственной культуры в значительной степени зависит от наличия достаточно разнообразного исходного материала с заданными параметрами продуктивности и качества зерна, характеризующегося при этом ценными хозяйственно-биологическими признаками (раннеспелость, устойчивость к болезням и вредителям растений, устойчивость к стрессовым факторам среды, полеганию и т.д.). Одним из способов его создания может являться комбинационная селекция, построенная на подборе пар для скрещиваний с учетом анализа комбинационной способности родительских форм по урожайности и основных селективируемых признаков растений [1, 2]. Основное достоинство данного метода заключается в том, что селекционную ценность изучаемых сортов можно спрогнозировать на основе характеристики поколения гибридов F_1 и F_2 , а затем провести индивидуальные отборы в последующих генерациях [3–5]. Количественным выражением показателей комбинационной способности могут служить эффекты ОКС (средняя ценность сорта в гибридных комбинациях с его участием от общей средней) и константа СКС (ценность отдельной комбинации скрещивания).

Важнейшим элементом структуры урожая является масса зерна главного колоса, поскольку она наиболее тесно сопряжена с продуктивностью растения [6]. На выраженность и характер проявления данного признака значительное влияние оказывают условия внешней среды,

что в значительной степени затрудняет отбор и оценку ценного селекционного материала.

В работах ряда авторов установлено, что характер наследования признака «масса зерна колоса» в основном детерминируется генами с аддитивным типом действия (вариансы ОКС) и в меньшей степени генами с доминантным и сверхдоминантным эффектами (константы СКС) [2, 4, 7].

Цель исследований – провести анализ общей и специфической комбинационной способности мягкой яровой пшеницы по признаку «масса зерна колоса» в условиях Приобской лесостепи Алтайского края.

Задачи: на основе оценок общей и специфической комбинационной способности выделить ценный исходный материал и перспективные комбинации скрещивания для дальнейшего использования в практической селекции.

Объекты и методы. Оценка комбинационной способности сортов и линий пшеницы, а также топкроссных гибридов F_1 и F_2 проводилась в условиях вегетации 2020 и 2021 гг. на опытном поле лаборатории селекции мягкой яровой пшеницы Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий, находящегося в Приобской лесостепи Алтайского края.

Система тест-кроссных скрещиваний (13×3) включала коллекционный материал, характеризующийся отдельными уникальными или комплексом хозяйственно ценных агрономических признаков и свойств растений. В качестве материнских форм использованы генотипы, хорошо

приспособленные к местным условиям внешней среды и значительно различающиеся по биологии развития и морфотипу растений: Алтайская жница, Юнион, Омская 42, Омская золотая, Обская 2, Новосибирская 47, Тулунская 11, Ульяновская 105, Тулайковская надежда, Лютесценс 186/04-6, Лютесценс 6/04-4, Лютесценс 120/1 и Лютесценс 291/6. В качестве тестеров подобраны сорта, отличающиеся высокой урожайностью и иммунитетом к наиболее распространенным местным расам фитопатогенов: Лидер 80, Элемент 22 и Кинельская отрада.

Посев родительских форм и гибридов проводился ручной сажалкой РС-2 по чистому пару по схеме P₁-F₁-P₂ (2020 г.) и P₁-F₁-F₂-P₂ (2021 г.). Площадь питания растений – 20×10 см (в рядке – 20 зерен, по 3 рядка на каждый сортообразец, длиной 1 погонный метр) в 3-кратной повторности. Размещение сортообразцов в каждом блоке – рендомизированное. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый. Оптимальный срок посева для данной зоны – II декада мая.

В течение вегетационного периода проводилась фенология за ростом и развитием растений в соответствии с методическими указаниями ВНИИР им. Н.И. Вавилова [8]. Полученные экспериментальные данные после анализа снопового образца (в количестве 25 растений на одно повторение) подвергались статистической обработке методом двухфакторного дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [9]. По методике В.К. Савченко [10] рассчитана общая и специфическая комбинационная способность.

Метеорологические условия в годы проведения эксперимента существенно различались по температурному режиму и характеру распре-

ления атмосферных осадков в течение всего периода вегетации растений. В целом 2020 и 2021 гг. характеризовались более высокой, относительно среднемноголетних значений, среднесуточной температурой воздуха на всем протяжении роста и развития растений (1–2,4 °С выше нормы). Суммарное количество выпавших осадков за вегетационный период 2020 и 2021 гг. составило 177,6 и 158,7 мм соответственно, что на 12,1 и 21,6 % меньше климатической нормы. Однако их распределение было достаточно равномерным и совпало с прохождением растений основных критических фаз развития.

Результаты и их обсуждение. Общеизвестно, что масса зерна главного колоса наиболее тесно сопряжена с общей зерновой продуктивностью агроценоза и она, по существу, является основным надежным маркерным признаком при отборе высокопродуктивных форм в селекции новых генотипов [11].

Оптимальная масса зерна главного колоса в производственных посевах в условиях Западной Сибири обычно формируется на уровне 0,8 – 1,2 г. В рамках исследований, при использовании разреженного способа посева, преследовалась цель – создать условия для максимального проявления признака у исходного набора сортов и линий пшеницы. Это, несомненно, отразилось на дифференциации генотипов по массе зерна колоса в зависимости от года проведения опыта. В 2020 г. размах изменчивости признака у родительских компонентов составлял от 1,01 до 1,73 г. Наибольшей массой зерна колоса у материнских форм характеризовались сортообразцы Лютесценс 6/04-4 (1,45 г.), Омская 42 (1,59 г.) и Лютесценс 186/04-6 (1,73 г.), а среди тестеров – Лидер 80 (1,31 г.).

Таблица 1

Масса зерна колоса родительских форм и гибридов мягкой яровой пшеницы, г

Сорт, линия	F ₁ (2020 г.)				F ₁ (2021 г.)				F ₂ (2021 г.)			
	P	Лидер 80	Элемент 22	Кинельская отрада	P	Лидер 80	Элемент 22	Кинельская отрада	P	Лидер 80	Элемент 22	Кинельская отрада
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Омская 42	1,59	1,44	1,43	1,44	1,81	1,83	1,87	1,80	1,90	1,92	1,84	1,62
Омская золотая	1,26	1,34	1,43	1,19	1,67	2,11	1,80	1,60	1,63	1,88	1,75	1,63
Обская 2	1,18	1,47	1,34	1,40	1,66	1,88	1,96	1,73	1,72	1,88	1,57	1,77
Новосибирская 47	1,02	0,99	1,24	1,26	1,48	1,62	1,65	1,61	1,44	1,65	1,45	1,61
Тулунская 11	1,02	1,09	1,08	1,12	1,46	1,87	1,80	1,55	1,67	1,75	1,56	1,53

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ульяновская 105	1,21	1,53	1,47	1,33	1,62	2,08	1,93	1,70	1,69	1,92	1,68	1,59
Тулайковская надежда	1,32	1,45	1,53	1,28	1,50	1,95	1,75	1,63	1,47	1,84	1,59	1,45
Алтайская жница	1,14	1,42	1,36	1,29	1,64	2,21	1,94	1,70	1,71	1,80	1,87	1,65
Юнион	1,19	1,32	1,48	1,37	1,73	1,95	2,03	1,81	1,74	1,74	1,92	1,65
Лютесценс 6/04-4	1,45	1,52	1,58	1,37	1,71	1,88	1,88	1,75	1,63	1,86	1,88	1,73
Лютесценс 120/1	1,08	1,47	1,47	1,33	1,50	2,02	1,82	1,65	1,54	1,73	1,65	1,47
Лютесценс 186/04-6	1,73	1,62	1,44	1,68	1,96	2,24	1,93	1,86	1,95	1,96	1,92	1,71
Лютесценс 291/6	1,18	1,33	1,70	1,43	1,95	2,20	2,06	2,06	1,75	2,06	1,80	1,80
Лидер 80	1,31	–	–	–	2,03	–	–	–	1,96	–	–	–
Элемент 22	1,14	–	–	–	1,63	–	–	–	1,52	–	–	–
Кинельская отрада	1,01	–	–	–	1,50	–	–	–	1,47	–	–	–
Среднее	1,24	1,38	1,43	1,34	1,68	1,99	1,88	1,73	1,67	1,84	1,73	1,63
НСР ₀₅	0,04		0,08		0,03		0,06		0,03		0,07	

В условиях вегетации растений 2021 г., несмотря на меньшее общее суммарное количество выпавших атмосферных осадков по сравнению с 2020 г., сформировалось более высокая масса зерна колоса. Показатель продуктивности колоса по отдельным генотипам достигал более 1,90 г. Среди материнских форм наиболее высокой выраженностью признака отличались сортообразцы: Омская 42, Лютесценс 186/04-6 и Лютесценс 291/6, а среди отцовских – Лидер 80 (см. табл. 1).

В целом характеризуя гибриды первого и второго поколений, как следует из данных таблицы 1, необходимо отметить, что уровень среднего значения признака отдельных комбинаций скрещивания намного выше, чем у исходных родительских компонентов, за исключением рекомбинантных форм, полученных с участием

высокопродуктивных сортообразцов: Омская 42, Лютесценс 6/04-4 и Лютесценс 186/04-6. В среднем за 2 года исследований среди гибридных популяций первого поколения наиболее высокие значения признака, с варьированием показателя от 1,42 до 2,24 г, отмечены по линиям: Ульяновская 105 × Лидер 80, Лютесценс 186/04-6 × Лидер 80, Алтайская жница × Лидер 80, Юнион × Элемент 22, Лютесценс 291/6 × Элемент 22 и Лютесценс 186/04-6 × Кинельская отрада. Во втором поколении гибридов лучшими по выраженности массы зерна колоса оказались популяции: Лютесценс 186/04-6 × Лидер 80, Лютесценс 291/6 × Лидер 80, Юнион × Элемент 22, Лютесценс 186/04-6 × Элемент 22, Омская 2 × Кинельская отрада и Лютесценс 291/6 × Кинельская отрада (со значениями признака от 1,77 до 2,06 г).

Таблица 2

Влияние факторов внешней среды на изменчивость массы зерна колоса

Источник влияния	mS	F _{факт}	F _{0,05}	%
Год	10,02	621,1	3,02	97,8
Генотип	0,22	13,7	1,38	2,1
Взаимодействие	0,01	2,2	1,28	0,1
Ошибка	0,02	–	–	

Результаты дисперсионного анализа также свидетельствуют, что доминирующий достоверный вклад в общую детерминацию анализируемого элемента продуктивности растений вносят гидротермические условия года (97,8 %), в слабой степени генотипические особенности сортов (2,1 %) и совокупное взаимодействие этих факторов (0,1 %) (табл. 2).

При анализе комбинационной способности сортов и линий пшеницы по их гибридам установлено, что ведущая роль в генетическом контроле массы зерна колоса обусловлена генами с аддитивным типом действия при небольшом вкладе доминантных эффектов генов, что предполагает возможность проведения эффективно индивидуального отбора уже в ранних рас-

щепляющихся поколениях гибридов. В 2020 г. вклад ОКС тестеров и СКС в характере проявления признака оказался несущественным. В доленом соотношении вариантов ОКС выявлено, что в 2020 г. вклад аддитивных генов материнских форм превалировал над отцовскими, а в 2021 г. суммирующий эффект тестерных форм преобладал над линейными более чем в 5 раз, т.е. здесь, помимо генетически полиморфного

материала, имело место и взаимодействие «генотип–среда». Необходимо также подчеркнуть, что константа ОКС тестеров в наших исследованиях в общей изменчивости изученного признака увеличивается с 22,3 % (2020 г.) до 82,1 и 79,0 % (2021 г.) при одновременном снижении вариантов ОКС линий и СКС с 55,5 и 1,1 % до 14,3; 15,8 и 3,6; 5,2 % соответственно (см. табл. 3).

Таблица 3

Вариансы комбинационной способности сортов и линий мягкой яровой пшеницы по массе зерна колоса

Источник изменчивости	2020 г., F ₁ поколение гибридов		2021 г., F ₁ поколение гибридов		2021 г., F ₂ поколение гибридов	
	mS	%	mS	%	mS	%
ОКС линий	0,05*	55,5	0,04*	14,3	0,03*	15,8
ОКС тестеров	0,02	22,3	0,23*	82,1	0,15*	79,0
СКС	0,01	11,1	0,01*	3,6	0,01*	5,2
Ошибка	0,01	11,1	0	0	0	0

* Достоверно при P ≤ 0,05.

Сильное модифицирующее влияние условий внешней среды на характер наследования рассматриваемого элемента продуктивности отражается в результатах оценки комбинационной способности сортов и линий пшеницы, представленных в таблице 4. Однозначные стабильные достоверные значения эффектов ОКС по массе зерна колоса, независимо от условий вегетации растений и изучаемого поколения гибридов, получены нами по селекционным линиям Лютесценс 186/04-6 и Лютесценс 291/6. Положи-

тельными константами ОКС характеризуются также сорта Ульяновская 105, Юнион и Лидер 80 (со значениями от 0,01 до 0,12). Стабильно отрицательные эффекты ОКС получены по сортам Новосибирская 47 и Тулунская 11 (от -0,12 до -0,29 единиц). В плане селекционного использования для гибридизации на увеличении массы зерна колоса селекционные линии Лютесценс 186/04-6 и Лютесценс 291/6, как и сорта Ульяновская 105, Юнион и Лидер 80, представляют наибольший интерес.

Таблица 4

Комбинационная способность сортов и линий мягкой яровой пшеницы по признаку «масса зерна колоса»

Сорт, линия	Эффект ОКС, P			Варианса СКС								
	F ₁ , 2020 г.	F ₁ , 2021 г.	F ₂ , 2021 г.	Лидер 80			Элемент 22			Кинельская отрада		
				F ₁ , 2020 г.	F ₁ , 2021 г.	F ₂ , 2021 г.	F ₁ , 2020 г.	F ₁ , 2021 г.	F ₂ , 2021 г.	F ₁ , 2020 г.	F ₁ , 2021 г.	F ₂ , 2021 г.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Омская 42	0,05	-0,03	0,06	0,01	-0,13	0,02	-0,05	0,02	0,05	0,04	0,11	-0,07
Омская золотая	-0,06	-0,03	0,02	0,02	0,15	0,02	0,07	-0,05	0,01	-0,09	-0,10	-0,03
Обская 2	0,01	-0,01	0,01	0,07	-0,10	0,03	-0,11	0,09	-0,17	0,04	0,01	0,14
Новосибирская 47	-0,22	-0,24	-0,17	-0,17	-0,13	-0,03	0,03	0,01	-0,11	0,14	0,12	0,14
Тулунская 11	-0,29	-0,12	-0,12	-0,01	0,01	0,03	-0,06	0,04	-0,05	0,07	-0,05	0,02
Ульяновская 105	0,06	0,04	0,01	0,09	0,05	0,08	-0,02	0,02	-0,05	-0,07	-0,07	-0,03

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тулайковская надежда	0,03	-0,09	-0,11	0,03	0,05	0,10	0,07	-0,04	-0,03	-0,10	-0,01	-0,07
Алтайская жница	-0,03	0,09	0,04	0,07	0,14	-0,08	-0,04	-0,02	0,10	-0,03	-0,11	-0,02
Юнион	0,01	0,07	0,04	-0,07	-0,10	-0,14	0,05	0,09	0,16	0,02	0,01	-0,01
Лютесценс 6/04-4	0,11	-0,02	0,09	0,03	-0,08	-0,07	0,05	0,03	0,07	-0,08	0,05	0,01
Лютесценс 120/1	0,04	-0,04	-0,12	0,05	0,07	0,01	0,00	-0,03	0,04	-0,05	-0,04	-0,04
Лютесценс 186/04-6	0,19	0,15	0,13	0,04	0,10	-0,02	-0,18	-0,09	0,07	0,14	-0,01	-0,05
Лютесценс 291/6	0,10	0,24	0,15	-0,16	-0,03	0,07	0,17	-0,06	-0,08	-0,01	0,09	0,02
Лидер 80	0,01	0,12	0,12	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Элемент 22	0,04	0,01	-0,01	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Кинельская отрада	-0,05	-0,13	0,11	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечание: НСР₀₅ линий = 0,07; НСР₀₅ тестеров = 0,03.

Среди гибридов F₁ и F₂ положительные константы СКС по массе зерна колоса, независимо от влияния условий года, отмечены в комбинациях скрещивания: Омская золотая × Лидер 80, Ульяновская 105 × Лидер 80, Тулайковская надежда × Лидер 80, Лютесценс 120/1 × Лидер 80, Юнион × Элемент 22, Лютесценс 6/04-6 × Элемент 22, Обская 2 × Кинельская отрада и Новосибирская 47 × Кинельская отрада. В отдельных гибридных популяциях (Тулунская 11 × Лидер 80, Лютесценс 291/6 × Лидер 80, Омская 42 × Элемент 22, Алтайская жница × Элемент 22, Лютесценс 120/1 × Элемент 22, Лютесценс 186/04-6 × Элемент 22 и Лютесценс 291/6 × Кинельская отрада) при повышении генерации поколения с F₁ до F₂ происходит смена рангов СКС с отрицательных до положительных значений, обусловленная, видимо, выщеплением гомозиготных форм с повышенной продуктивностью колоса. Это свидетельствует о том, что в этих гибридных комбинациях, как и в гибридах, отмеченных выше, можно ожидать появления ценных трансгрессивных форм с высокой массой зерна колоса.

Заключение. Оценка комбинационной способности изученного набора сортов и линий мягкой яровой пшеницы по признаку «масса зерна колоса» в тестерных скрещиваниях позволила их дифференцировать не только по фактическим средним показателям данного элемента продуктивности, но и определить селекционную ценность в соответствии с рассчитанными статистическими показателями ОКС и СКС. Данными исследованиями установлено, что признак контролируется аддитивно-доминантной генетической системой с доминирующим преобладанием ад-

дитивных эффектов генов, что позволяет рекомендовать проведение отбора в ранних поколениях расщепляющихся гибридов, начиная с F₂. В качестве доноров на увеличение массы зерна колоса целесообразно использовать сорта и линии: Лютесценс 186/04-6, Лютесценс 291/6, Ульяновская 105, Юнион и Лидер 80. Выделены ценные комбинации скрещиваний с высоким уровнем проявления признака, которые перспективны как в плане отбора желаемых генотипов в ранних поколениях расщепляющихся гибридов, так и для непосредственного использования при создании новых коммерческих сортов (Омская золотая × Лидер 80, Ульяновская 105 × Лидер 80, Тулайковская надежда × Лидер 80, Лютесценс 120/1 × Лидер 80, Юнион × Элемент 22, Лютесценс 6/04-6 × Элемент 22, Обская 2 × Кинельская отрада и Новосибирская 47 × Кинельская отрада, Тулунская 11 × Лидер 80, Лютесценс 291/6 × Лидер 80, Омская 42 × Элемент 22, Алтайская жница × Элемент 22, Лютесценс 120/1 × Элемент 22, Лютесценс 186/04-6 × Элемент 22 и Лютесценс 291/6 × Кинельская отрада).

Список источников

1. Косенко С.В., Кривобочек В.Г. Генетический контроль высоты растений озимой мягкой пшеницы // Аграрный научный журнал. 2015. № 12. С. 21–23.
2. Rajput R.S., Kandalkar V.S. Combining ability and heterosis for grain yield and its attributing traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2018. Vol. 7. Iss. 2. P. 113–119.

3. Кротова Л.А., Кузьмина С.П. Комбинационная способность хемомутантов яровой пшеницы // Вестник ОмГАУ, 2012. № 3 (7). С. 18–21.
4. Combining ability of bread wheat genotypes for yield and yield-related traits under drought-stressed and non-stressed conditions / Y. Semahegn [et al.] // South African Journal of Plant and Soil. 2021. Vol. 38. № 2. P. 171–179.
5. Мухордова М.Е. Генетический анализ длины колоса в диаллельных скрещиваниях мягкой озимой пшеницы // Вестник АГАУ, 2018. № 1 (159). С. 18–23
6. Коробейников Н.И. Изменчивость и характер наследования линейных размеров и массы зерновки у сортов и гибридов мягкой яровой пшеницы // Селекция и ее генетические ресурсы на Алтае: науч.-техн. бюл. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1985. Вып. 45. С. 19–24.
7. Фенотипическая изменчивость селекционных линий мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*) по элементам структуры урожая в экологических условиях Западной Сибири и Татарстана / А.И. Стасюк [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 1. С. 78–91.
8. Методические указания по изучению образцов мировой коллекции ВИР в научно-исследовательских учреждениях различных зон СССР. Л., 1965. 34 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.
10. Савченко В.К. Метод оценки комбинационной способности генетически разнокачественных наборов родительских форм // Методики генетико-селекционного и генетического экспериментов. Минск, 1973. С. 48–77.
11. Кондратьева И.В., Цильке Р.А. Реакция мягкой яровой пшеницы и характер наследования числа зерен в колосе на разных фонах возделывания // Актуальные задачи селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений на современном этапе: докл. и сообщ. IX генетико-селекц. шк. (5–9 апреля 2004 г.) / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИРС. НГАУ. Новосибирск, 2005. С. 348–357.

References

1. Kosenko S.V., Krivobochev V.G. Geneticheskij kontrol' vysoty rastenij ozimoy myagkoj pshe-nicy // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2015. № 12. S. 21–23.
2. Rajput R.S., Kandalkar V.S. Combining ability and heterosis for grain yield and its attributing traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2018. Vol. 7. Iss. 2. P. 113–119.
3. Krotova L.A., Kuz'mina S.P. Kombinacionnaya sposobnost' hemomutantov yarovojs pshenicy // Vestnik OmGAU, 2012. № 3 (7). S. 18–21.
4. Combining ability of bread wheat genotypes for yield and yield-related traits under drought-stressed and non-stressed conditions / Y. Semahegn [et al.] // South African Journal of Plant and Soil. 2021. Vol. 38. № 2. P. 171–179.
5. Muhordova M.E. Geneticheskij analiz dliny kolosa v diallel'nyh skreschivaniyah myagkoj ozimoy pshe-nicy // Vestnik AGAU, 2018. № 1 (159). S. 18–23
6. Korobejnikov N.I. Izmenchivost' i harakter nasledovaniya linejnyh razmerov i massy zernovki u sortov i gibridov myagkoj yarovojs pshe-nicy // Selekcija i ee geneticheskie resursy na Altae: nauch. tehn. byul. Novosibirsk: SO VASHNIL, 1985. Vyp. 45. S. 19–24.
7. Fenotipicheskaja izmenchivost' selekcionnyh linij myagkojs pshe-nicy (*Triticum aestivum*) po `elementam struktury urozhaya v `ekologicheskix usloviyah Zapadnoj Sibiri i Tatarstana / A.I. Stasyuk [i dr.] // Sel'skohozyajstvennaja biologija. 2021. T. 56. № 1. S. 78–91.
8. Metodicheskie ukazaniya po izucheniju obrazcov mirovoj kollekcii VIR v nauchno-issledovatel'skix uchrezhdeniyah razlichnyh zon SSSR. L., 1965. 34 s.
9. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovanij). M.: Kolos, 1979. 416 s.
10. Savchenko V.K. Metod ocenki kombinacionnoj sposobnosti geneticheski raznokachestvennyh naborov roditel'skix form // Metodiki genetiko-selekcionnogo i geneticheskogo `eksperimentov. Minsk, 1973. S. 48–77.
11. Kondrat'eva I.V., Cil'ke R.A. Reakcija myagkojs yarovojs pshe-nicy i harakter nasledovaniya chisla zeren v kolose na raznyh fonah vzdelyvaniya // Aktual'nye zadachi selekcii i

semenovodstva sel'skohozyajstvennyh rastenij
na sovremennom `etape: dokl. i soobsch. IX
genetiko-selekc. shk. (5–9 aprelya 2004 g.) /

RASHN. Sib. otd-nie. SibNIIRS. NGAU. Novo-
sibirsk, 2005. S. 348–357.

Статья принята к публикации 26.06.2023 / The article accepted for publication 26.06.2023.

Информация об авторах:

Виталий Сергеевич Валежанин¹, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции мягкой яровой пшеницы, кандидат сельскохозяйственных наук

Николай Иванович Коробейников², заведующий лабораторией селекции мягкой яровой пшеницы, кандидат биологических наук, доцент

Information about the authors:

Vitaly Sergeevich Valekzhanin¹, Leading Researcher, Laboratory of Soft Spring Wheat Breeding, Candidate of Agricultural Sciences

Nikolai Ivanovich Korobeinikov², Head of the Laboratory of Breeding Soft Spring Wheat, Candidate of Biological Sciences, Docent

