

## Комбинационная способность сортов и линий яровой твердой пшеницы по элементам продуктивности и качеству клейковины

В. С. Юсов<sup>✉</sup>, М. Г. Евдокимов<sup>1</sup>, А. Л. Шпигель<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

✉ E-mail: yusov@anc55.ru

**Аннотация.** Цель. Исследование направлено на изучение комбинационной способности и возможность передачи компонентов продуктивности и качества от итальянских и российских источников в целях улучшения качества клейковины сортов яровой твердой пшеницы сибирского экотипа. **Методы.** В 2020 и 2021 гг. на базе лаборатории селекции твердой пшеницы Омского АНЦ в системе неполных топкроссов были изучены сорта Жемчужина Сибири, Омский изумруд, Омский коралл, Гордеиформе 10-33-3, Гордеиформе 11-76-3, Таганрог и 3 линии селекции Италии. Комбинационную способность рассчитывали по методике Г. К. Дремлюка и В. Ф. Герасименко. Оценка материала по качеству клейковины оценена методом SDS-седиментации, индекс глютена определен на приборе «Глютоматик 2200». Анализ главных компонент был проведен с помощью пакета R version 4.1.2. **Научная новизна.** Изучена комбинационная способность признаков качества клейковины и элементов продуктивности от скрещивания итальянских и российских сортов твердой пшеницы, определены их донорские способности, предложена стратегия отбора. Выявлена проблема экологической изменчивости индекса глютена, что влечет за собой дополнительные исследования. **Результаты.** В генетическом контроле признаков (индекс глютена, SDS, масса зерна главного колоса, количество зерен в колосе, масса зерна с растением) преобладает аддитивно-доминантная система. У гибридов первого поколения по элементам продуктивности проявляется гетерозисный эффект. Из всех изученных признаков отбор будет эффективен по индексу глютена, SDS, массе зерна главного колоса и количеству зерен. Отбор целесообразно проводить одновременно по продуктивности и качеству клейковины. Вовлечение в селекционный процесс итальянских линий дополнительно требует контроля урожайных свойств.

**Ключевые слова:** *Triticum durum*, селекция, клейковина, индекс глютена, SDS-седиментация, комбинационная способность, качество, анализ главных компонент.

**Для цитирования:** Юсов В. С., Евдокимов М. Г., Шпигель А. Л. Комбинационная способность сортов и линий яровой твердой пшеницы по элементам продуктивности и качеству клейковины // Аграрный вестник Урала. 2022. № 09 (224). С. 59–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-59-70.

**Дата поступления статьи:** 04.05.2022, **дата рецензирования:** 31.05.2022, **дата принятия:** 22.06.2022.

### Постановка проблемы (Introduction)

Зерно твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) – незаменимое сырье для производства высококачественных макарон, кондитерских изделий, круп, а также для получения ценного детского питания. В мире ежегодно выпускается около 14,3 млн тонн макаронных изделий. Основными производителями являются Италия США, Бразилия, Турция, Россия. Россия занимает 4-е место в мире по производству, 10-е место по объему потребления (8 кг на человека в год) [1, с. 73].

Основными свойствами и положительными качествами макаронных изделий являются питательность (не менее 12 % белковых веществ и 70–72 % углеводов) и калорийность (около 350 ккал на 100 г).

Кроме того, макароны содержат такие полезные компоненты, как клетчатка или пребиотики [2, с. 3; 3, с. 1715; 4, с. 78]. Качество и питательная ценность макаронных изделий во многом зависят от содержания клейковины и ее физических свойств, которые на протяжении многих лет определялись по показателям ИДК (измеритель деформации клейковины [5, с. 69–73] и SDS-седиментации [6, с. 118].

Внедрение европейскими макаронными фабриками высокотемпературной и сверхвысокотемпературной сушки предъявляет дополнительные требования к качеству клейковины, переработчикам потребовались сорта с более сильной и эластичной клейковиной [7, с. 2]. В последние годы в России макаронные фабрики начали закупать импортное

оборудование, соответственно, понадобились сорта твердой пшеницы с повышенным индексом глютена, которые можно перерабатывать без дополнительных затрат. В настоящее время отечественными селекционерами созданы сорта Таганрог [8, с. 220], АТП Прима [9, с. 28], перспективные линии в Омском АНЦ. Осознав потребность отечественного рынка в сортах определенного типа, западно-европейские селекционные фирмы активизировали попытки регистрации сортов яровой твердой пшеницы в РФ. На ГСУ передаются сорта итальянских фирм ISEA SRL и PSB, австрийской Saatzuch Donau, германской DSV, чешской Selgen, словацкой Istopol Solary A. S., швейцарской Syngenta [10, с. 72]. Нужно отметить, что подходы к повышению показателя индекса глютена требуют детальной проработки, поскольку изменение соотношения глиадина и глютенина у твердой пшеницы, режима сушки в какой-то мере влияют на пищевые достоинства макаронных изделий.

Необходимо принимать во внимание и то, что повышенный уровень глютена не всегда имеет положительное значение. Незначительная часть населения не переносит наличие глютена (страдает целиакией), и существует проблема производства безглютеновой продукции [11, с. 121].

Основной ареал возделывания твердой пшеницы в Западной Сибири – степная и южная лесостепная зоны. Это регион рискованного земледелия с дефицитом осадков и проявлением различных типов засухи [12, с. 517].

Многолетнее изучение европейских сортов, а также сортов и линий СИММУТ показало, что в условиях Западной Сибири они значительно уступают по адаптивности местным сортам и линиям, сильно страдают от засухи, особенно в период налива зерна [13, с. 86; 14, с. 97].

На сегодняшний день лабораторией твердой пшеницы Омского АНЦ созданы адаптивные, высокоурожайные сорта сибирского экотипа различных групп спелости, устойчивые к болезням и с хорошим качеством макарон: Ангел, Омская янтарная, Омский корунд, Жемчужина Сибири, Омский кристалл, Омская степная, Омский изумруд, Оазис, Омский циркон, Омская бирюза, Омский коралл. В настоящее время 6 сортов включено в Государственный реестр селекционных достижений. Получено 9 авторских свидетельств и 9 патентов на сорта в РФ и 4 патента Республики Казахстан [15, с. 57].

В целях улучшения качества клейковины у сортов сибирского экотипа была изучена комбинационная способность и возможность передачи элементов продуктивности и качества от итальянских и российских источников.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились в 2020 и 2021 гг. по пару в селекционном севообороте лаборатории

селекции твердой пшеницы Омского АНЦ. Посев проводился ручной сажалкой конструкции СибНИИ-ИСХ. Гибриды и родительские формы высевались в трехкратной повторности. В каждой повторности закладывалось по 20 зерен  $F_1$  и по 40 зерен гибридов  $F_2$  и  $F_3$  с площадью питания  $20 \times 10$  см. Срок посева – 14–15 мая. Часть гибридных зерен  $F_1$  в 2020 г. были размножены в зимних условиях для изучения в 2021 г.  $F_3$ . В системе неполных топкроссов были использованы в качестве материнских форм Жемчужина Сибири, Омский изумруд, Омский коралл, Гордеиформе 10-33-3, Гордеиформе 11-76-3, а в качестве отцовских – 3 линии селекции Италии и сорт Таганрог, по сведениям авторов, обладающий высоким качеством клейковины [8, с. 225]. Общую комбинационную способность (ОКС) и специфическую комбинационную способность (СКС) рассчитывали по методике Г. К. Дремлюка и В. Ф. Герасименко<sup>1</sup>. Оценка материала по качеству клейковины оценена методом SDS-седиментации в модификации Н. С. Васильчука<sup>2</sup>. Индекс глютена (IG) определен на приборе «Глютоматик 2200». Анализ главных компонент (Principal component analysis – PCA) был проведен с помощью пакета R version 4.1.2.

Погодные условия приведены по данным Омского гидрометеорологического центра<sup>3, 4</sup>.

В мае 2020 и 2021 гг. погода была жаркой и сухой: среднесуточная температура воздуха была выше нормы на 2,6 °C и 2,5 °C, осадков выпало 62,9 % и 42,9 % от среднееголетнего значения. В июне 2020 г. преобладала прохладная погода. Среднемесячная температура воздуха 16,2 °C – на 1,8 °C ниже нормы (89,8 %). В первой и во второй декадах наблюдался существенный недобор осадков, а третья декада была дождливой. Всего за месяц выпало 44,2 мм осадков, что на 6,8 меньше нормы (86,7 %). В 2021 г. среднемесячная температура воздуха июня была 16,9 °C, что на 1,1 °C ниже нормы. Осадков выпало 44,7 мм (81,3 от нормы). Среднемесячная температура воздуха в июле 2020 г. была на 1,6 °C выше среднееголетней и составила 21,2 °C (108,2 % к норме). Осадков выпало 13,6 мм (20,6 % к среднееголетним значениям). В 2021 г. июль характеризовался теплой погодой с существенным недобором осадков. Температурный режим был выше нормы на 1,2 °C, осад-

<sup>1</sup> Дремлюк Г. К., Герасименко В. Ф. Приемы анализа комбинационной способности и ЭВМ. Программы для нерегулярных скрещиваний. Москва: Агропромиздат; 1992, 144 с.

<sup>2</sup> Васильчук Н. С., Гапонов С. Н., Еременко Л. В., Паршикова Т. М., Попова В. М., Цетва Н. М., Шутарева Г. И. Оценка прочности клейковины в процессе селекции твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf) // Аграрный вестник Юго-Востока. 2009. № 3. С. 34–39.

<sup>3</sup> Агрометеорологический бюллетень. Омск: Омский ЦГМС, 2020 г. 16 с.

<sup>4</sup> Агрометеорологический бюллетень. Омск: Омский ЦГМС, 2021 г. 16 с.

ков выпало 32,8 мм (50,5 %). В целом август 2020 г. характеризовался теплой погодой и по количеству осадков был на уровне среднееголетнего. Температура воздуха была на 2,5 °С выше нормы (115 %), а осадков выпало 52,8 мм (97,8 %). В 2021 г. температура была выше нормы на 2,1 °С (19,1 °С) с осадками 42,4 мм (75,7 % от средней многолетней). Таким образом, метеорологические условия в годы исследований были довольно близкими. Это подтверждается и помесечными показателями ГТК: май – 0,40; 0,25, июнь – 0,93; 0,74, июль – 0,21; 0,51, август – 0,88; 0,72 (таблица 1). Подекадный анализ показал, что наиболее существенные различия по температурному режиму проявились во 2-й декаде июля, 1-й декаде августа (рис. 1). По количеству осадков в основном наблюдались близкое значение

к норме или существенный дефицит. Существенные различия по осадкам наблюдались в 3-й декаде июля (в 2020 г. – 42 мм против 15 мм в 2021 г.) и во второй декаде августа (33,2 и 13,0 мм соответственно).

Таким образом, в годы исследований засушливые условия в первый период вегетации сложились в мае, а во второй – в июле. В целом за период с мая по август ГТК составил 0,61–0,55 (градации сухих условий по классификации Селянинова).

Таким образом, в 2020 и 2021 гг. в Омской области складывались неблагоприятные погодные условия для формирования и налива зерна твердой пшеницы, засуха наблюдалась в первый и во второй период вегетации.

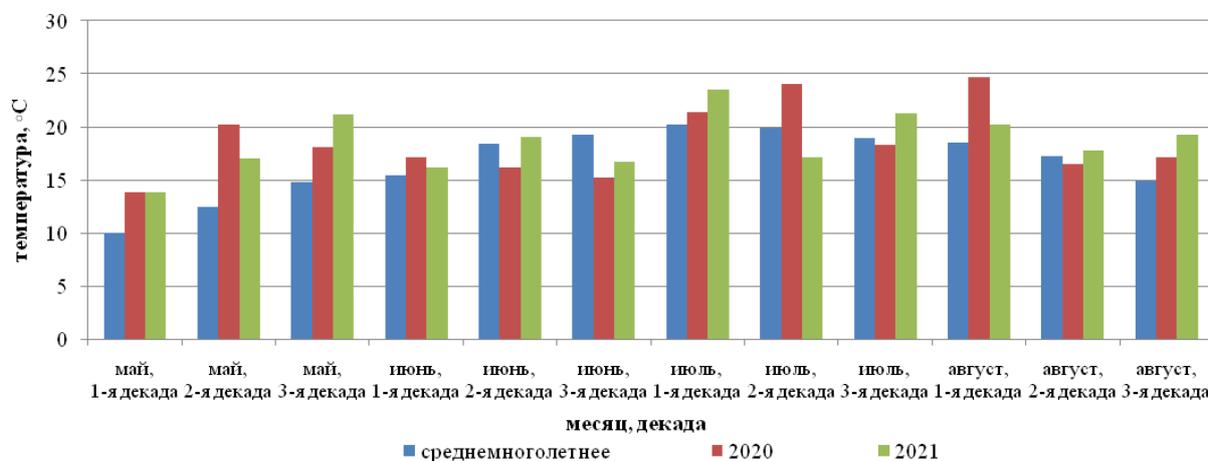


Рис. 1. Среднесуточная температура воздуха в период вегетации в 2020 и 2021 гг.

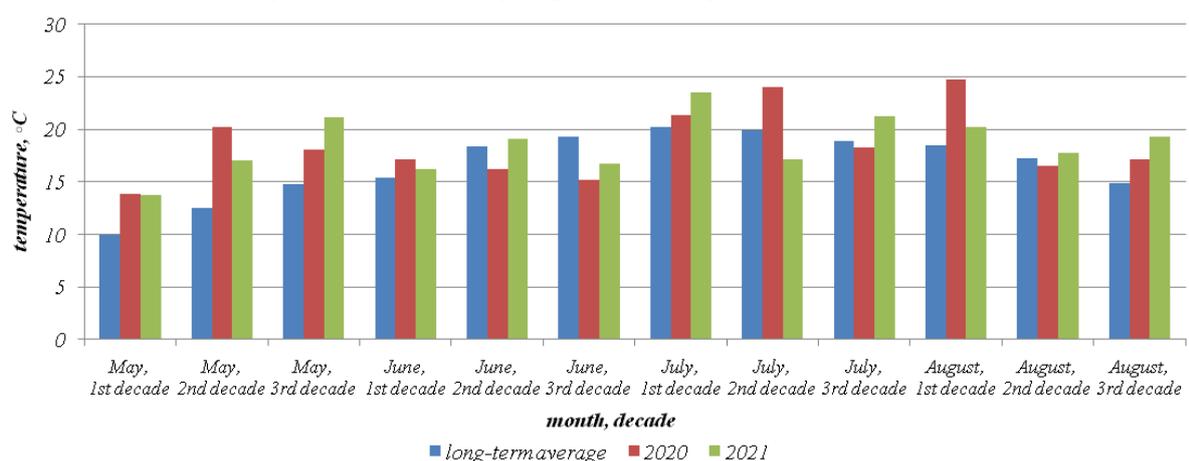


Fig. 1. Middle-day and night temperature of air in period of vegetation in 2020 and 2021

Таблица 1  
Показатели ГТК за вегетационный период

Год	Май	Июнь	Июль	Август	За вегетационный период
2020	0,40	0,93	0,21	0,88	0,61
2021	0,25	0,74	0,51	0,72	0,55

Table 1  
Parameters of hydrothermal coefficient (HTC) in period of vegetation in 2020 and 2021

Year	May	June	July	August	Period of vegetation
2020	0.40	0.93	0.21	0.88	0.61
2021	0.25	0.74	0.51	0.72	0.55

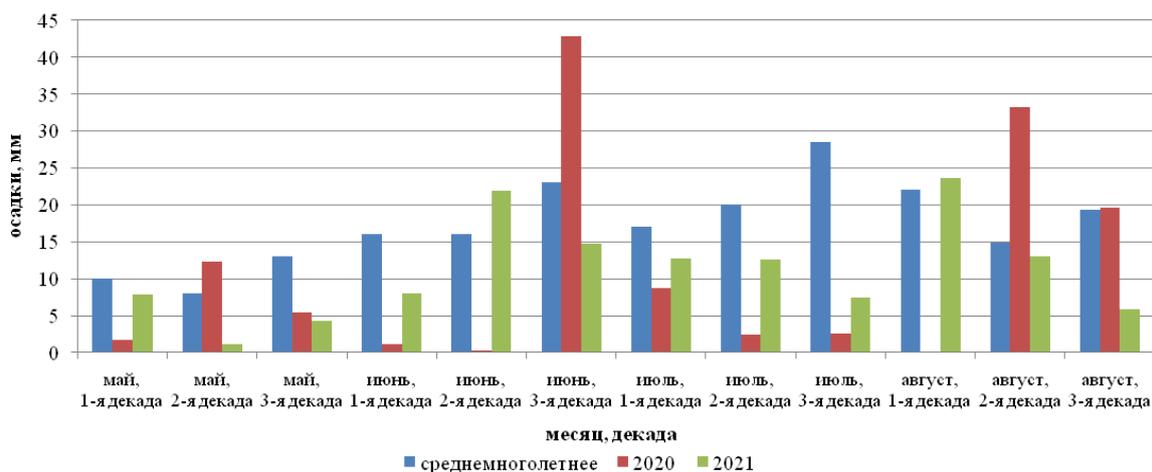


Рис. 2. Количество осадков в период вегетации в 2020 и 2021 гг.

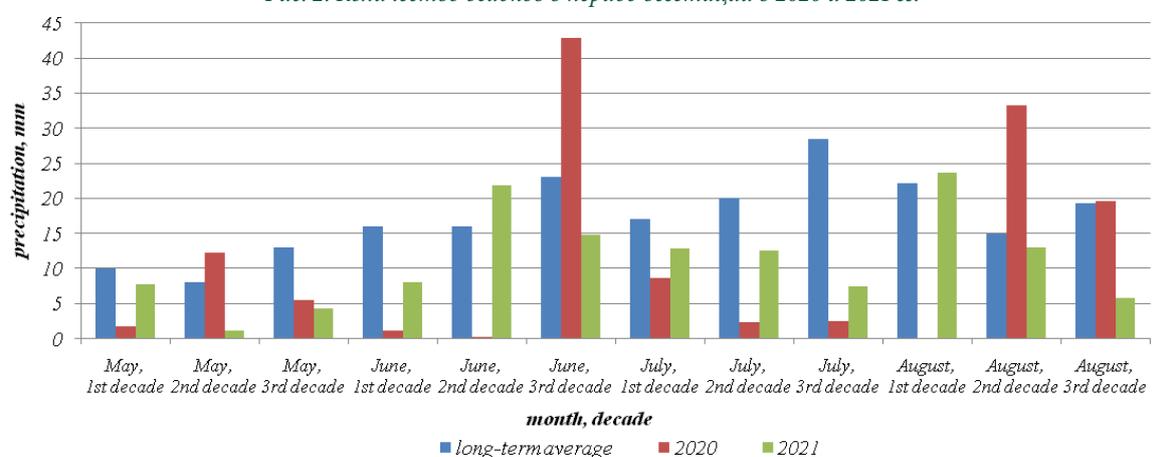


Fig. 2. Precipitation in period of vegetation in 2020 and 2021

### Результаты (Results)

Результаты выраженности элементов продуктивности и качества клейковины гибридов и родительских форм, обработанные анализом главных компонент, представлены на рис. 3. Средний (основной эффект) генотипа отражает 78,7 % фенотипического варьирования. У гибридов первого поколения явно выражен гетерозисный эффект по массе зерна главного колоса, массе зерна с растения и количеству зерен в колосе. Гибриды  $F_2$  приближаются к отцовским формам, а гибриды  $F_3$  занимают промежуточное положение по продуктивности между материнскими и отцовскими формами, но отличаются от них по качеству клейковины. Среднее значение материнских форм по показателю IG – 22,36, отцовских – 49,5, гибридов  $F_3$  – 44,5. По показателю SDS-седиментации среднее значение материнских форм – 35,3, отцовских – 44,5 гибридов  $F_3$  – 42,2 мл. Также нами выявлено отсутствие корреляции между двумя этими признаками, что видно на биплоте. Ни одна из изученных отцовских форм в наших условиях не сформировала заявленное оригинаторами качество клейковины. Причины экологического изменения индекса глютена неясны, но известно, что высокотемпературный стресс влияет на выра-

жение силы глютена [16, с. 69]. Этот показатель, как и другие признаки качества зерна и макарон, экологическая нестабильность которых по годам показана ранее [17, с. 59; 18, с. 58; 19, с. 30], сильно варьирует.

Информация об аддитивных эффектах генов, т. е. об общих эффектах комбинационной способности (ОКС), имеет большое значение, поскольку она успешно предсказывает генетический потенциал родителей, которые дают желаемые результаты в последующих поколениях. Оценка комбинационной способности по показателю SDS-седиментации в  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  выявила, что признак детерминируется преимущественно аддитивными эффектами отцовских форм со снижением к  $F_3$ . Также выявлено высокое влияние неаддитивных эффектов, которые усиливаются в ряду поколений (таблица 2). Второй показатель качества клейковины – индекс глютена (IG) – также детерминируется преимущественно аддитивными эффектами отцовских форм, анализ долевого влияния фактора составляет 57,86–78,25 %. Продуктивность твердой пшеницы в Западной Сибири в основном определяется массой зерна главного колоса и количеством продуктивных стеблей на единицу площади.

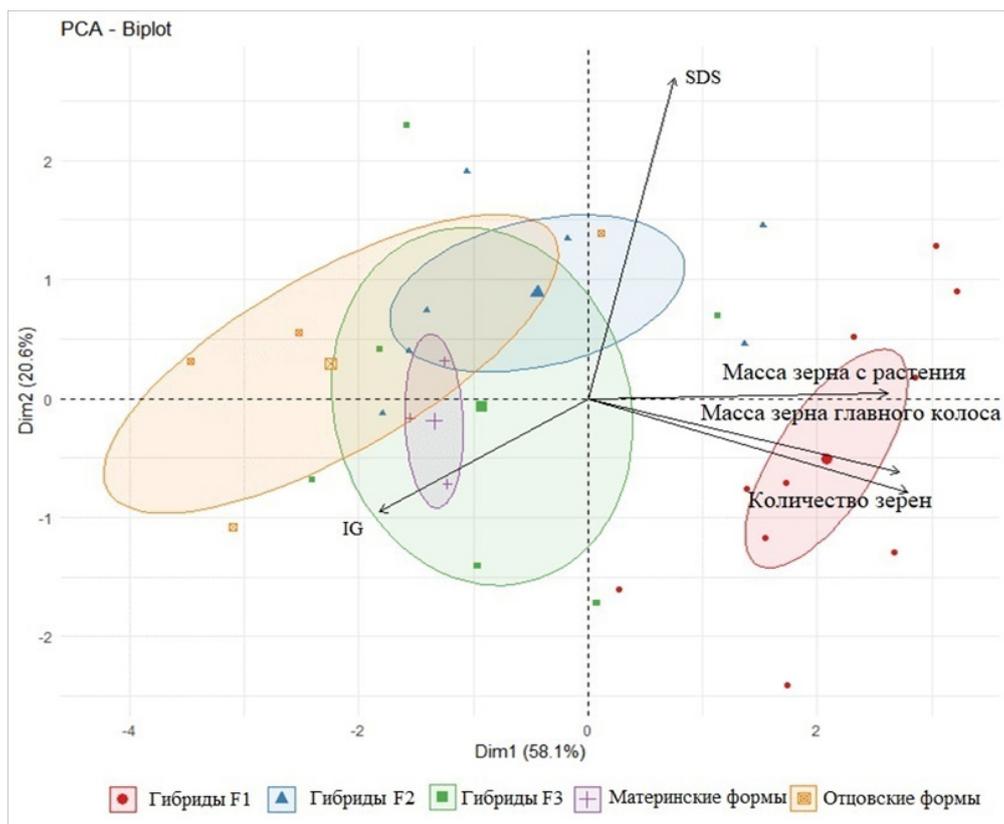
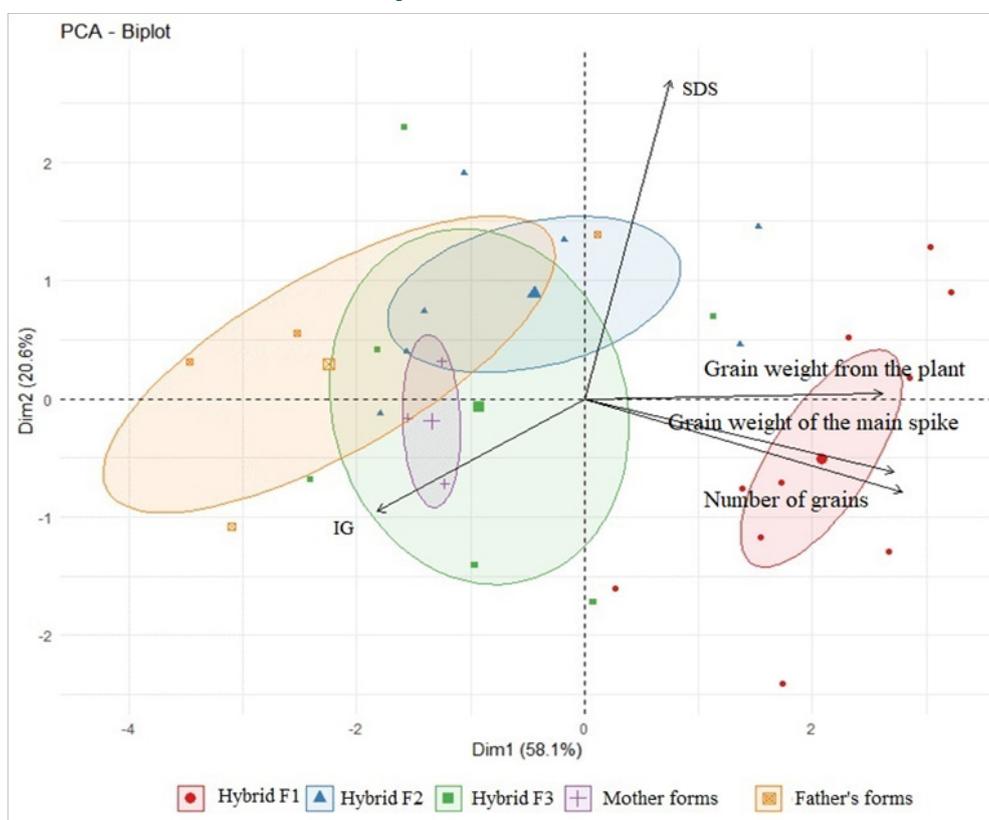


Рис. 3. Анализ главных компонент элементов продуктивности и качества клейковины родителей и гибридов, среднее за 2020–2021 гг.



.Fig. 3. Principal component analysis of productivity elements and quality gluten of parents and hybrids, average for 2021–2021

Таблица 2

Анализ комбинационной способности твердой пшеницы по комплексу хозяйственно ценных признаков (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>)

Биология и биотехнологии

Признак	Источник изменчивости	F <sub>1</sub>		F <sub>2</sub>		F <sub>3</sub>	
		2020		2021		2021	
		MS	%	MS	%	MS	%
SDS	ОКС ♀	6,69	12,59	2,83	15,78	10,53	27,43
	ОКС ♂	35,65	67,08	10,36	57,69	16,26	42,36
	СКС	9,93	18,68	4,05	22,58	10,37	27,01
	Ошибка	0,88	1,65	0,71	3,95	1,23	3,20
IG	ОКС ♀	1,42	23,16	4,20	1,90	16,10	11,21
	ОКС ♂	3,54	57,86	173,42	78,25	108,41	75,48
	СКС	1,03	16,91	42,78	19,30	17,25	12,01
	Ошибка	0,13	2,07	1,23	0,55	1,88	1,31
Количество зерен в колосе	ОКС ♀	14,25	63,49	70,87	75,46	139,87	81,19
	ОКС ♂	2,50	11,13	13,98	14,88	7,87	4,57
	СКС	4,69	20,89	6,73	7,16	19,20	11,14
	Ошибка	1,01	4,49	2,35	2,50	5,33	3,09
Масса зерна главного колоса	ОКС ♀	0,09	14,88	0,02	12,29	0,03	7,99
	ОКС ♂	0,03	75,46	0,16	80,05	0,32	83,53
	СКС	0,03	7,16	0,01	4,74	0,02	6,01
	Ошибка	0,01	2,50	0,01	2,92	0,01	2,47
Масса зерна с растения	ОКС ♀	1,03	33,32	0,57	19,95	0,22	6,37
	ОКС ♂	1,42	45,65	1,19	41,72	2,84	82,24
	СКС	0,54	17,41	0,97	33,93	0,27	7,96
	Ошибка	0,11	3,63	0,13	4,40	0,12	3,43

Table 2

Analysis of the combining ability in durum wheat according to a set of agronomic traits in (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>)

Sign	Source of variability	F <sub>1</sub>		F <sub>2</sub>		F <sub>3</sub>	
		2020		2021		2021	
		MS	%	MS	%	MS	%
SDS	GCA ♀	6.69	12.59	2.83	15.78	10.53	27.43
	GCA ♂	35.65	67.08	10.36	57.69	16.26	42.36
	SCA	9.93	18.68	4.05	22.58	10.37	27.01
	Error	0.88	1.65	0.71	3.95	1.23	3.20
IG	GCA ♀	1.42	23.16	4.20	1.90	16.10	11.21
	GCA ♂	3.54	57.86	173.42	78.25	108.41	75.48
	SCA	1.03	16.91	42.78	19.30	17.25	12.01
	Error	0.13	2.07	1.23	0.55	1.88	1.31
Number of grains of the main spike	GCA ♀	14.25	63.49	70.87	75.46	139.87	81.19
	GCA ♂	2.50	11.13	13.98	14.88	7.87	4.57
	SCA	4.69	20.89	6.73	7.16	19.20	11.14
	Error	1.01	4.49	2.35	2.50	5.33	3.09
Grain weight of the main spike	GCA ♀	0.09	14.88	0.02	12.29	0.03	7.99
	GCA ♂	0.03	75.46	0.16	80.05	0.32	83.53
	SCA	0.03	7.16	0.01	4.74	0.02	6.01
	Error	0.01	2.50	0.01	2.92	0.01	2.47
Grain weight from the plant	GCA ♀	1.03	33.32	0.57	19.95	0.22	6.37
	GCA ♂	1.42	45.65	1.19	41.72	2.84	82.24
	SCA	0.54	17.41	0.97	33.93	0.27	7.96
	Error	0.11	3.63	0.13	4.40	0.12	3.43

Озерненность колоса является одним из основных и сложных элементов структуры урожая. Он зависит от целого ряда факторов: фертильности пыльцы и завязи, процента завязывания зерновок, количества колосков в колосе и прочих условий. В наших исследованиях количество зерен определялось преимущественно аддитивными эффектами материнских форм, масса зерна с колоса и масса зерна с растения – отцовскими генотипами с аналогичным эффектом. Значения коэффициентов наследуемости как в широком, так и в узком смысле были высокими в первом поколении и снижались к  $F_3$ . Преобладание аддитивных эффектов генов позволяет применять классические методы селекции.

Из всех изученных признаков отбор в  $F_2$  и  $F_3$  будет эффективен по индексу глютена, SDS-седиментации, массе зерна главного колоса и количеству зерен. По массе зерна с растения положительный результат может быть достигнут только с

увеличением объемов выборки (таблица 3). Лучшей комбинационной способностью, о чем свидетельствуют эффекты оценок ОКС по индексу глютена, обладают все три итальянские линии и сорт Таганрог, незначительно могут увеличить признак Омский коралл, Гордеиформе 10-33-3, Гордеиформе 11-76-3. По показателю SDS повышают признак Линия 2, Линия 3 и Таганрог. Высокими донорскими способностями по количеству зерен в колосе обладают Жемчужина Сибири, Омский изумруд, Омский коралл, Гордеиформе 11-76-3, Таганрог; массе зерна с главного колоса – Омский коралл, Гордеиформе 10-33-3, Гордеиформе 11-76-3, Линия 2, Таганрог; продуктивности растения – Омский коралл, Гордеиформе 10-33-3, Гордеиформе 11-76-3, Таганрог. Интерес для селекции представляют сорта, обладающие значительным эффектом ОКС более чем по одному признаку. Такими сортами являются Таганрог и Омский коралл.

Таблица 3  
Эффекты ОКС сортов яровой твердой пшеницы,  $F_3$

Сорт		IG	SDS	Количество зерен в колосе	Масса зерна главного колоса	Масса зерна с растения
Жемчужина Сибири	♀	-0,65	-1,49	2,08	0,01	-0,39
Омский изумруд	♀	-1,83	-1,72	1,20	0,04	0,11
Омский коралл	♀	0,98	0,91	5,30	0,16	0,19
Гордеиформе 10-33-3	♀	0,64	-0,80	0,47	0,04	0,37
Гордеиформе 11-76-3	♀	0,34	-0,59	1,62	0,09	0,66
Линия 1	♂	4,16	0,58	-2,82	-0,16	-0,64
Линия 2	♂	3,25	3,22	-1,17	0,13	-0,01
Линия 3	♂	3,98	2,70	-2,83	-0,09	-0,23
Таганрог	♂	4,75	1,25	4,73	0,29	0,95
Ошибка		1,34	0,62	1,50	0,06	0,19
$H^2$ – в широком смысле		0,67	0,74	0,71	0,76	0,38
$h^2$ – в узком смысле		0,56	0,52	0,44	0,50	0,36

Table 3  
Effects of GGA in spring durum wheat,  $F_3$

Variety		IG	SDS	Number of grains of the main spike	Grain weight of the main spike	Grain weight from the plant
Zhemchuzhina Sibiri	♀	-0.65	-1.49	2.08	0.11	0.39
Omskiy izumrud	♀	-1.83	-1.72	1.20	0.04	0.11
Omskiy korall	♀	0.98	0.91	5.30	0.06	0.19
Hordeiforme 10-33-3	♀	0.64	-0.80	0.47	0.04	0.37
Hordeiforme 11-76-3	♀	0.34	-0.59	1.62	0.09	0.66
Liniya 1	♂	4.16	0.58	-2.82	-0.16	-0.64
Liniya 2	♂	3.25	3.22	-1.17	0.13	0.01
Liniya 3	♂	3.98	2.70	-2.83	-0.09	-0.23
Taganrog	♂	4.75	1.25	4.73	0.29	0.95
Error:		1.34	0.62	1.50	0.06	0.19
$H^2$ – gene effects, broad		0.67	0.74	0.71	0.76	0.38
$h^2$ – gene effects, narrow		0.56	0.52	0.24	0.50	0.36

Таблица 4

Доля вариантов в общей изменчивости признаков родительских форм, %

Фактор	SDS	Индекс глютена	Количество зерен в колосе	Масса зерна главного колоса	Масса зерна с растения
Годы	1,6	1,1	2,8	23,9	1,0
Сорта	95,6	98,6	76,4	70,0	72,5
Ошибка	2,8	0,3	20,8	6,1	26,5

Table 4

The portion of variances in the total variability of the signs of parental forms, %

Factor	SDS	Index gluten	Number of grains of the main spike	Grain weight of the main spike	Grain weight from the plant
Years	1.6	1.1	2.8	23.9	1.0
Varieties	95.6	98.6	76.4	70.0	72.5
Error	2.8	0.3	20.8	6.1	26.5

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Адекватность метеорологических условий в годы исследований позволяет сделать заключение, что выявленные в поэтапных поколениях результаты связаны с их генетическими особенностями и популяционным составом гибридных комбинаций. Это подтверждается и тем, что по всем изучаемым признакам, за исключением массы зерна главного колоса, родительские формы имели близкие значения в 2020 и 2021 гг. Дисперсионный анализ показал, что доля вариантов в общей изменчивости по фактору годы составляла от 1,1 до 2,8%, сортов – 72,5–98,6 %, случайных факторов – 0,3–26,5 % (таблица 4).

Полученные экспериментальные данные в системе нерегулярных скрещиваний в полной мере раскрывают комбинативные способности исследуемых генотипов. Еще в 1954–1958 гг. В. I. Nauman и J. L. Jinks предположили, что ОКС является равнодействующей аддитивности, а СКС – неаллельного взаимодействия генов. Оценка комбинационной способности по показателю SDS-седиментации и индекса глютена определила, что признаки детерминируются преимущественно аддитивными эффектами отцовских форм. Также выявлено сильное влияние неаддитивных эффектов, которое указывает на наличие комплементарного действия генов и эпистаза. Количество зерен определялось преимущественно аддитивными эффектами материнских форм, масса зерна с колоса и масса зерна с растения – отцовскими генотипами с аналогичным эффектом. Доля влияния неаддитивных эффектов также существенна, что свидетельствует о наличии и других наследственных факторов в системе генетического контроля (доминирование, комплементарное действие). Это согласуется с ранее проведенными исследованиями, в которых установлено, что озерненность колоса контролируется в основном аддитивным эффектом генов, по массе зерна с колоса и массе зерна растения отмечены все типы

действия и взаимодействия генов, а также различные типы эпистаза [20, с. 87–88; 21, с. 1522; 22, с. 239; 23, с. 178; 24, с. 219]. Значения коэффициентов наследуемости как в широком, так и в узком смысле в первом поколении по всем признакам были высокими, за исключением массы зерна растения. Несответствие показателей индекса глютена с данными оригинаторов связано с экологической нестабильностью этого показателя. Примером этому является выявленная разница при сравнении результатов, проведенных в условиях Омска и в условиях Поволжья. Сорт Саратовская золотистая в Омске в 2015 г. сформировал зерно с индексом глютена –28,0, а по данным С. Н. Гапонова с коллегами [25, с. 4], в Саратове его значения составляли –79,0.

Таким образом, в генетическом контроле изученных признаков преобладает аддитивно-доминантная система с наличием комплементарного действия генов.

1. В качестве доноров улучшения свойств клейковины представляют интерес итальянские линии и сорт Таганрог, а по элементам продуктивности – сорта местной селекции Омский изумруд, Омский коралл, Гордеиформе 11-76-3.

2. Значения эффектов ОКС и коэффициентов наследования свидетельствуют о том, что из всех изученных признаков отбор в  $F_2$  и  $F_3$  будет эффективен по индексу глютена, SDS-седиментации, массе зерна главного колоса и количеству зерен. Отбор целесообразно проводить одновременно по продуктивности и качеству клейковины. Вовлечение в селекционный процесс итальянских линий дополнительно требует контроля урожайных свойств.

3. Наиболее ценный исходный материал для селекции яровой твердой пшеницы для Западной Сибири может быть получен от скрещивания сортов Таганрог и Омский коралл.

### Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена по заданию № 0797-2019-0008. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

## Библиографический список

1. Агапкин А. М., Махотина И. А., Белкин Ю. Д. Российский рынок макаронных изделий: структура, экспорт и импорт, динамика развития // *Международная торговля и торговая политика*. 2019. № 2 (18). С. 72–83. DOI: 10.21686/2410-7395-2019-2-72-83.
2. Dello Russo M., Spagnuolo C., Moccia S., Angelino D., Pellegrini N., Martini D. Nutritional Quality of Pasta Sold on the Italian Market: The Food Labelling of Italian Products (FLIP) Study [e-resource] // *Nutrients*. 2021. No. 13. Iss. 1. Article number 171. DOI: 10.3390/nu13010171. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/e397/d6f-6513711c1bf23398bbd6651db9cfe80a4.pdf> (date of reference: 20.04.2022).
3. Angelino D., Martina A., Rosi A., Veronesi L., Antonini M., Mennella I., Vitaglione P., Grioni S., Brighenti F., Zavaroni I. et al. Glucose- and lipid-related biomarkers are affected in healthy obese or hyperglycemic adults consuming a whole-grain pasta enriched in prebiotics and probiotics: A 12-week randomized controlled trial // *The Journal of Nutrition*. 2019. Vol. 149. Iss. 10. Pp. 1714–1723. DOI: 10.1093/jn/nxz071.
4. Ciccocritti R., Taddei F., Nicoletti I., Gazza L., Corradini D., D'Egidio M. G., Martini D. Use of bran fractions and debranned kernels for the development of pasta with high nutritional and healthy potential // *Food Chemistry*. 2017. No. 225. Pp. 77–86. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.01.005.
5. Шаболкина Е. Н., Шевченко С. Н., Анисимкина Н. В. Индекс деформации (ИДК), определяемый в зерне, как критерий качества клейковины пшеницы // *Зерновое хозяйство России*. 2021. № 2 (74). С. 69–74.
6. Мальчиков П. Н., Шаболкина Е. Н., Мясникова М. Г., Сидоренко В. С. Адекватность оценки качества клейковины твёрдой пшеницы в соответствии с параметрами регламентированными ГОСТом // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2019. № 2 (30). С. 118–124.
7. Bresciani A., Pagani M. A., Marti A. Pasta-Making Process: A Narrative Review on the Relation between Process Variables and Pasta Quality [e-resource] // *Foods*. 2022. No. 11. Article number 256. DOI: 10.3390/foods11030256. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/e39c/c5f0ddbe65d01491c344820b812e650dc513.pdf> (date of reference: 26.04.2022).
8. Шевченко С. М., Мальчиков П. Н., Мясникова М. Г., Натопи В., де Вита П., Джулиани М. Генетические методы улучшения качества пшеницы твердых сортов, адаптированных к климатическим условиям России, с особым акцентом на коммерческие характеристики зерна // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2018. Т. 20. № 2 (2). С. 220–230.
9. Бойко В. Д., Курдюкова Т. А., Черемисина С. П., Тимошкина Ю. С., Кожевникова Л. М. Рекомендации по возделыванию сортов сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания в Омской области за 2021 год. Омск: ИП Шелудивченко А. В., 2021. 72 с.
10. Гончаров С. В., Курашов М. Ю. Перспективы развития российского рынка твердой пшеницы // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2018. № 2 (57). С. 66–75. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.2.66.
11. Попов В. Г., Хайрулина Н. Г., Садыкова Х. Н. Тенденции использования безглютеновых видов муки в производстве продукции функционального назначения // *Вестник ВГУИТ*. 2021. Т. 83. № 1. С. 121–128. DOI: 10.20914/2310-1202-2021-1-121-128.
12. Евдокимов М. Г., Юсов В. С., Моргунов А. И., Зеленский Ю. И. Засухоустойчивый генофонд твердой яровой пшеницы, идентифицированный в многолетних испытаниях питомников казахстанско-сибирской селекции пшеницы // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017. № 21 (5). С. 515–522. DOI: 10.18699/VJ17.23-0.
13. Юсов В. С., Кирьякова М. Н., Евдокимов М. Г. Исходный материал в селекции яровой твердой пшеницы для условий Западной Сибири. // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2021. № 2. С. 82–90. DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-82-90.
14. Юсов В. С., Евдокимов М. Г., Кирьякова М. Н., Глушаков Д. А. Использование генофонда сортов и линий СИММУТ в селекции яровой твердой пшеницы в Западной Сибири // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022. № 183 (1). С. 95–103. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-95-103.
15. Сорта сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ «Омский АНЦ»: каталог [Электронный ресурс]. Омск: ФГБНУ «Омский АНЦ», 2021. 144 с. URL: <http://anc55.ru/wp-content/uploads/2021/12/kniga-sorta-2021-okonch-var-2.pdf> (дата обращения: 26.04.2022).
16. Don C., Lookhart G., Naeem H., MacRitchie F., Hamer R. J. Heat stress and genotype affect the glutenin particles of the glutenin macropolymer-gel fraction // *Journal of Cereal Science*. 2005. No. 42. Pp. 69–80. DOI: 10.1016/j.jcs.2005.01.005.
17. Розова М. А., Зиборов А. И., Егиазарян Е. Е. Изменение урожайности и параметров качества сорта яровой твердой пшеницы Харьковская 46 под влиянием экологических факторов // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2017. № 178 (3). С. 59–66. DOI: 10.30901/2227-8834-2017-3-59-66.
18. Сандакова Г. Н. Влияние климатических факторов на качество зерна различных сортов яровой твёрдой пшеницы в природных зонах сортового районирования Оренбургской области // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2018. № 4 (72). С. 58–62.

19. Евдокимов М. Г., Юсов В. С., Пахотина И. В. Зависимость урожайности и качества зерна твердой яровой пшеницы от метеорологических факторов в южной лесостепи Западной Сибири // *Зерновое хозяйство России*. 2020. № 5 (71). С. 26–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-26-31.
20. Евдокимов М. Г., Юсов В. С., Мешкова Л. В., Пахотина И. В. Стратегия селекции твердой яровой пшеницы в Западной Сибири [Электронный ресурс] // *Актуальные направления развития аграрной науки: сборник научных статей, посвященный 50-летию селекционного центра ФГБНУ «Омский АНЦ»*. Омск, 2020. С. 78–94. URL: [http://anc55.ru/wp-content/uploads/2020/09/sbornik-avgust\\_compressed.pdf](http://anc55.ru/wp-content/uploads/2020/09/sbornik-avgust_compressed.pdf) (дата обращения: 26.04.2022).
21. Hannachi A., Fellahi Z., Rabti A., Guendouz A., Bouzerzour H. Combining ability and gene action estimates for some yield attributes in durum wheat. (*Triticum turgidum* L. var. durum) // *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. 2017. No. 9 (3). Pp. 1519–1534. DOI: 10.4314/jfas.v9i3.17.
22. Tiwari R., Marker S., Meghawal D. Combining ability estimates for spike characters in F1 hybrids developed through diallel crosses among macaroni wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2017. No. 6 (2). Pp. 237–241.
23. Sadeghzadeh-Ahari D., Sharifi P., Karimizadeh R., Mohammadi M. Estimation of genetic parameters of yield and yield components in rainfed durum wheat through diallel cross // *Journal of Crop Breeding*. 2018. No. 10 (25). Pp. 176–184. DOI: 10.29252/jcb.10.25.176.
24. Bajaniya N., Pansuriya A., Vekaria M., Singh C., Savaliya J. Combining ability analysis for grain yield and its components in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) // *Indian Journal of Pure and Applied Biosciences*. 2019. Vol. 7. Iss. 4. Pp. 217–224. DOI: 10.18782/2320-7051.7664.
25. Гапонов С. Н., Шутарева Г. И., Цетва Н. М., Цетва И. С., Милованов И. В., Бурмистров Н. А. Новый сорт яровой твердой пшеницы Памяти Васильчука // *Аграрный вестник Юго-Востока*. 2020. № 2 (25). С. 4–5.

**Об авторах:**

Вадим Станиславович Юсов<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией, ORCID 0000-0002-4159-3872, AuthorID 238280; + 7 913 638-92-23, [yusov@anc55.ru](mailto:yusov@anc55.ru)  
 Михаил Григорьевич Евдокимов<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0001-9919-2329, AuthorID 503014; +7 (381) 277-69-51, [misha-emg@rambler.ru](mailto:misha-emg@rambler.ru)  
 Анна Ленгардовна Шпигель<sup>1</sup>, ведущий специалист, ORCID 0000-0002-9254-7091, AuthorID 1114962; +7 (381) 277-69-51, [shpigel@anc55.ru](mailto:shpigel@anc55.ru)

<sup>1</sup> Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

## Combining ability of varieties and lines of spring durum wheat for productivity elements and quality of gluten

V. S. Yusov<sup>1</sup>✉, M. G. Evdokimov<sup>1</sup>, A. L. Shpigel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Omsk Agricultural Scientific Center, Omsk, Russia

✉E-mail: [yusov@anc55.ru](mailto:yusov@anc55.ru)

**Abstract. The purpose.** The research is aimed at studying the combinational ability and the possibility of transmitting of productivity elements and quality from Italian and Russian sources in order to improve the gluten quality of spring durum wheat varieties of the Siberian ecotype. **Methods.** In 2020 and 2021 years on the basis of the durum wheat breeding laboratory of the “Omsk ASC”, in the system of incomplete topcrosses were studied the varieties Zhemchuzhina Sibiri, Omskiy izumrud, Omskiy korall, Hordeiforme 10-33-3, Hordeiforme 11-76-3, Taganrog and 3 Italian breeding lines. Material for the quality of gluten was evaluated by the SDS-sedimentation (SDS), the index of gluten (IG). Principal component analysis carried out using the R package version 4.1.2. **Results.** In the genetic control of traits: IG, SDS, grain mass of the main spike, number of grains of the main spike, the mass of grain from the plant is dominated by the additive-dominant system. In hybrids F<sub>1</sub>, according to the signs of productivity, a heterozic effect. Of all the traits studied, screening will be effective for IG, SDS, grain mass of the main spike, and number of grains. It is advisable to carry out the screening at the same time on the productivity and quality of gluten. The involvement of Italian lines in the breeding process additionally requires the control of yield properties. **Scientific novelty.** The combinative ability of gluten quality and productivity elements from crossing Italian and Russian varieties of durum wheat has been studied. The problem of ecological changes in the IG has been identified, which entails additional research.

**Keywords:** *Triticum durum*, breeding, gluten, index gluten, SDS- sedimentation, gluten, combining ability, quality, principal component analysis.

**For citation:** Yusov V. S., Evdokimov M. G., Shpigel A. L. Kombinatsionnaya sposobnost' sortov i liniy yarovoy tverдой pshenitsy po elementam produktivnosti i kachestvu kleykoviny [Combining ability of varieties and lines of spring durum wheat for productivity elements and quality of gluten] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 09 (224). Pp. 59–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-59-70. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 04.05.2022, **date of review:** 31.05.2022, **date of acceptance:** 22.06.2022.

### References

1. Agapkin A. M., Makhotina I. A., Belkin Yu. D. Rossiyskiy rynek makaronnykh izdeliy: struktura. eksport i import, dinamika razvitiya [Russian pasta market: structure, export and import, dynamics of development] // International Trade and Trade Policy 2019. No. 2 (18). Pp. 72–83. DOI: 10.21686/2410-7395-2019-2-72-83. (In Russian).
2. Dello Russo M., Spagnuolo C., Moccia S., Angelino D., Pellegrini N., Martini D. Nutritional Quality of Pasta Sold on the Italian Market: The Food Labelling of Italian Products (FLIP) Study [e-resource] // Nutrients. 2021. No. 13. Iss. 1. Article number 171. DOI: 10.3390/nu13010171. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/e397/d6f6513711c1bf23398bbd6651db9cfe80a4.pdf> (date of reference: 20.04.2022).
3. Angelino D., Martina A., Rosi A., Veronesi L., Antonini M., Mennella I., Vitaglione P., Grioni S., Brighenti F., Zavaroni I. et al. Glucose- and lipid-related biomarkers are affected in healthy obese or hyperglycemic adults consuming a whole-grain pasta enriched in prebiotics and probiotics: A 12-week randomized controlled trial // The Journal of Nutrition. 2019. Vol. 149. Iss. 10. Pp. 1714–1723. DOI: 10.1093/jn/nxz071.
4. Ciccoritti R., Taddei F., Nicoletti I., Gazza L., Corradini D., D'Egidio M. G., Martini D. Use of bran fractions and debranned kernels for the development of pasta with high nutritional and healthy potential // Food Chemistry. 2017. No. 225. Pp. 77–86. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.01.005.
5. Shabolkina E. N., Shevchenko S. N., Anisimkina N. V. Indeks deformatsii (IDK), opredelyayemyy v zerne, kak kriteriy kachestva kleykoviny pshenitsy [Deformation index (DI), determined in grain, as a criterion for the quality of wheat gluten] // Grain Economy of Russia. 2021. No. 2 (74). Pp. 69–74. (In Russian).
6. Mal'chikov P. N., Shabolkina E. N., Myasnikova M. G., Sidorenko V. S. Adekvatnost' otsenki kachestva kleykoviny tverдой pshenitsy v sootvetstviy s parametrami reglamentirovannymi GOSTom [Adequacy of assessment of the quality of gluten of durum wheat in accordance with the parameters regulated by GOST] // Cereals and leguminous crops. 2019. No. 2 (30). Pp. 118–124. (In Russian).
7. Bresciani A., Pagani M. A., Marti A. Pasta-Making Process: A Narrative Review on the Relation between Process Variables and Pasta Quality [e-resource] // Foods. 2022. No. 11. Article number 256. DOI: 10.3390/foods11030256. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/e39c/c5f0ddbe65d01491c344820b812e650dc513.pdf> (date of reference: 26.04.2022).
8. Shevchenko S. M., Mal'chikov P. N., Myasnikova M. G., Natoli V., de Vita P., Giuliani M. Geneticheskie metody uluchsheniya kachestva pshenitsy tverdykh sortov, adaptirovannykh k klimaticheskim usloviyam Rossi s osobym aktsentom na kommercheskie kharakteristiki zerna [Genetic methods to improve the quality of durum wheat adapted to the climatic conditions of Russia, with special emphasis on the commercial characteristics of grain] // Izvestia of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018. Vol. 20. No. 2 (2). Pp. 220–230. (In Russian.)
9. Boyko V. D., Kurdyukova T. A., Cheremisina S. P., Timoshkina Yu. S., Kozhevnikova L. M. Rekomendatsii po vozdeleyvaniyu sortov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i rezul'taty sortoispytaniya v Omskoy oblasti za 2021 god [Recommendations for the cultivation of crop varieties and the results of varietal testing in the Omsk region for 2021]. Omsk: IP Sheludivchenko A. V., 2021. 72 p. (In Russian.)
10. Goncharov S. V., Kurashov M. Yu. Perspektivy razvitiya rossiyskogo rynka tverдой pshenitsy [Prospects for the development of the Russian durum wheat market] // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2018. No. 2. Pp. 66–75. (In Russian.)
11. Popov V. G., Khayrullina N. G., Sadykova Kh. N. Tendentsii ispolzovaniya bezglyutenovykh vidov muki v proizvodstve produktsii funktsionalnogo naznacheniya [Trends in the use of gluten-free types of flour in the production of functional products] // Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2021. Vol. 83. No. 1. Pp. 121–128. DOI: 10.20914/2310-1202-2021-1-121-128. (In Russian.)
12. Evdokimov M. G., Yusov V. S., Morgunov A. I., Zelenskiy Yu. I. Zasukhoustoychivyy genofond tverдой yarovoy pshenitsy, identifitsirovanny v mnogoletnikh ispytaniyakh pitomnikov kazakhstansko-sibirskoy selektsii pshenitsy [Drought-resistant gene pool of durum spring wheat, identified in long-term tests of nurseries of Kazakh-Siberian wheat selection] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. No. 21 (5). Pp. 515–522. DOI 10.18699/VJ17.23-o. (In Russian.)
13. Yusov V. S., Kiryakova M. N., Evdokimov M. G. Iskhodnyy material v selektsii yarovoy tverдой pshenitsy dlya usloviy Zapadnoy Sibiri [Source material in the selection of spring durum wheat for the conditions of

Western Siberia] // Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2021. No. 2. Pp. 82–90. DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-82-90. (In Russian.)

14. Yusov V. S., Evdokimov M. G., Kiryakova M. N., Glushakov D. A. Ispol'zovaniye genofonda sortov i liniy CIMMYT v selektsii yarovoy tverдой pshenitsy v Zapadnoy Sibiri [Using the gene pool of CIMMYT cultivars and lines in spring durum wheat breeding in Western Siberia] // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2022. No. 183 (1). Pp. 95–103. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-95-103. (In Russian.)

15. Sorta sel'skokhozyaystvennykh kul'tur selektsii FGBNU "Omskiy ANTs": katalog [Varieties of agricultural crops of selection of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Omsk Agricultural Scientific Center": catalog] [e-resource]. Omsk: Omsk ANTs, 2021. 144 p. URL: <http://anc55.ru/wp-content/uploads/2021/12/kniga-sorta-2021-okonch-var-2.pdf> (date of reference: 26.04.2022). (In Russian.)

16. Don C., Lookhart G., Naeem H., MacRitchie F., Hamer R. J. Heat stress and genotype affect the glutenin particles of the glutenin macropolymer-gel fraction // Journal of Cereal Science. 2005. No. 42. Pp. 69–80. DOI: 10.1016/j.jcs.2005.01.005.

17. Rozova M. A., Ziborov A. I., Egiazyryan E. E. Izmeneniye urozhaynosti i parametrov kachestva sorta yarovoy tverдой pshenitsy Kharkovskaya 46 pod vliyaniem ekologicheskikh faktorov [Change in yield and quality parameters of spring durum wheat variety Kharkovskaya 46 under the influence of environmental factors] // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2017. No. 178 (3). Pp. 59–66. DOI: 10.30901/2227-8834-2017-3-59-66. (In Russian.)

18. Sandakova G. N. Vliyaniye klimaticheskikh faktorov na kachestvo zerna razlichnykh sortov yarovoy tverдой pshenitsy v prirodnykh zonakh sortovogo rayonirovaniya Orenburgskoy oblasti [Influence of climatic factors on the quality of grains of various varieties of spring durum wheat in natural zones of varietal zoning of the Orenburg region] // Izvestia Orenburg State Agrarian University 2018. No. 4 (72). Pp. 58–62. (In Russian.)

19. Evdokimov M. G., Yusov V. S., Pakhotina I. V. Zavisimost' urozhaynosti i kachestva zerna tverдой yarovoy pshenitsy ot meteorologicheskikh faktorov v yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri [Dependence of yield and quality of durum spring wheat grain on meteorological factors in the southern forest-steppe of Western Siberia] // Grain farming in Russia. 2020. No. 5 (71). Pp. 26–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-26-31. (In Russian.)

20. Evdokimov M. G., Yusov V. S., Meshkova L. V., Pakhotina I. V. Strategiya selektsii tverдой yarovoy pshenitsy v Zapadnoy Sibiri [Strategy of selection of durum spring wheat in Western Siberia] [e-resource] // Actual directions of development of agrarian science: collection of scientific articles dedicated to the 50th anniversary of the selection center of the Omsk ANC. Omsk, 2020. Pp. 78–94. URL: [http://anc55.ru/wp-content/uploads/2020/09/sbornik-avgust\\_compressed.pdf](http://anc55.ru/wp-content/uploads/2020/09/sbornik-avgust_compressed.pdf) (date of reference: 26.04.2022). (In Russian.)

21. Hannachi A., Fellahi Z., Rabti A., Guendouz A., Bouzerzour H. Combining ability and gene action estimates for some yield attributes in durum wheat. (*Triticum turgidum* L. var. durum) // Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2017. No. 9 (3). Pp. 1519–1534. DOI: 10.4314/jfas.v9i3.17.

22. Tiwari R., Marker S., Meghawal D. Combining ability estimates for spike characters in F1 hybrids developed through diallel crosses among macaroni wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2017. No. 6 (2). Pp. 237–241.

23. Sadeghzadeh-Ahari D., Sharifi P., Karimizadeh R., Mohammadi M. Estimation of genetic parameters of yield and yield components in rainfed durum wheat through diallel cross // Journal of Crop Breeding. 2018. No. 10 (25). Pp. 176–184. DOI: 10.29252/jcb.10.25.176.

24. Bajaniya N., Pansuriya A., Vekaria M., Singh C., Savaliya J. Combining ability analysis for grain yield and its components in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) // Indian Journal of Pure and Applied Biosciences. 2019. Vol. 7 Iss. 4. Pp. 217–224. DOI: 10.18782/2320-7051.7664.

25. Gaponov S. N., Shutareva G. I., Tsetva N. M., Tsetva I. S., Milovanov I. V., Burmistrov N. A. Novyy sort yarovoy tverдой pshenitsy Pamyati Vasil'chuka [New variety of spring durum wheat in Memory of Vasilchuk] // Agrarian Herald of the South-East. 2020. No. 2 (25). Pp. 4–5. (In Russian.)

#### Authors' information:

Vadim S. Yusov<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher, head of a laboratory, ORCID 0000-0002-4159-3872, AuthorID 238280; +7 913 638-92-23, [yusov@anc55.ru](mailto:yusov@anc55.ru)

Mikhail G. Evdokimov<sup>1</sup>, doctor of agricultural sciences, chief researcher, ORCID 0000-0001-9919-2329, AuthorID 503014; +7 (381) 277-69-51, [misha-emg@rambler.ru](mailto:misha-emg@rambler.ru)

Anna L. Shpigel<sup>1</sup>, leading specialist, ORCID 0000-0002-9254-7091, AuthorID 1114962; +7 (381) 277-69-51, [shpigel@anc55.ru](mailto:shpigel@anc55.ru)

<sup>1</sup> Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia