

## ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM DURUM* DESF.) В ПРОЦЕССЕ СЕЛЕКЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ В УСЛОВИЯХ АЛТАЯ

**М.А. Розова**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий лабораторией селекции твердой пшеницы, mrosova@yandex.ru; ORCID ID: 0000-0002-0119-5693;

**Е.Е. Егiazарян**<sup>1</sup>, научный сотрудник, заведующий лабораторией семеноводства, Egiazaryan.eg@mail.ru; ORCID ID: 0009-0000-0751-1629;

**О.А. Ляпунова**<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела ГР пшеницы ВИР, o.liapounova@vir.nw.ru; ORCID ID: 0000-0003-2164-4510

<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», 656910, г. Барнаул, пос. Научный городок, 35;

<sup>2</sup>«Федеральный исследовательский центр

Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова», 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44

Цель исследований – выявить направления и величины изменений урожайности и ее элементов на современном этапе селекции на урожайность яровой твердой пшеницы в ФГБНУ ФАНЦА. В 2020–2023 гг. в блоке конкурсного испытания проведено изучение урожайности и ее элементов у сортов твердой пшеницы, созданных в последнее десятилетие в ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», Солнечная 573, Оазис, Шукшинка, АТП Прима и АТП Партнер относительно сорта-стандарта Памяти Янченко. Урожайность сортов Солнечная 573 и АТП Прима осталась на уровне стандарта, урожайность сортов Оазис, Шукшинка и АТП Партнер выше на 5,1–6,2 %. В условиях минимальной и максимальной в опыте урожайности, последние 3 сорта превосходят стандарт, остальные формируют равную урожайность. Масса зерна растения возросла на 1,6–15,2 %, главного колоса – на 3,7–33,6 %, озерненность главного колоса – на 9,8–29,9 %. Параметры густоты посева не претерпели существенных изменений. Масса 1000 зерен в среднем снизилась на 5,8 %, а у сорта Оазис повысилась на 4,2 %. Разнонаправленно изменялась высота растений – у сортов Шукшинка, АТП Прима и АТП Партнер она ниже на 5–11 %, у Солнечной 573 и Оазиса выше на 8 и 5 %. Наземная масса растений на 2–18 % больше стандарта. Урожайность тесно связана с массой растения (0,82\*\*\*), массой зерна растения (0,80\*\*\*), главного колоса (0,79\*\*\*), и побега кущения (0,77\*\*), озерненностью (0,63\*), слабее – с массой 1000 зерен (0,40). Масса зерна растения связана с его массой (0,93\*\*\*), массой зерна главного колоса (0,93\*\*\*), побега кущения (0,77\*\*). Масса зерна главного колоса определялась озерненностью на 74 % и массой 1000 зерен на 15 %. В экологическом испытании новые сорта превосходили стандарта на 3,9–46,8 %. Высокая продуктивность новых сортов Шукшинка и АТП Прима реализована в хозяйствах Алтайского края на уровне 5,0 т/га.

**Ключевые слова:** селекция, твердая пшеница, сорт, урожайность, элементы структуры урожая, корреляция.

**Для цитирования:** Розова М.А., Егiazарян Е.Е. Ляпунова О.А. Изменение элементов структуры урожая яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) в процессе селекции на продуктивность в условиях Алтая // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 6. С. 17–24. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-101-6-17-24.



## CHANGES IN YIELD STRUCTURE ELEMENTS OF SPRING DURUM WHEAT (*TRITICUM DURUM* DESF.) WHEN BREEDING FOR PRODUCTIVITY IN ALTAI

**M.A. Rozova**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, head of the laboratory for durum wheat breeding, mrosova@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-0119-5693;

**E.E. Egiazaryan**<sup>1</sup>, researcher, head of the laboratory for seed production, Egiazaryan.eg@mail.ru; ORCID ID: 0009-0000-0751-1629;

**O.A. Lyapunova**<sup>2</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of wheat genetic resources of VIR, o.liapounova@vir.nw.ru, ORCID ID: 0000-0003-2164-4510

<sup>1</sup>FSBSI "Federal Altai Research Center of Agrobiotechnologies", 656910, Barnaul, Nauchny Gorodok, 35;

<sup>2</sup>FSBSI "Federal Research Center

All-Russian Institute of genetic resources of plants named after N.I. Vavilov", 190000, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya Str., 42/44

The purpose of the current study was to identify the directions and magnitudes of yield changes and their structure elements at the current stage of breeding spring durum wheat for productivity at the FSBSI FASCA. From 2020 to 2023, in the competitive testing block there was studied the yield and its structure elements of durum wheat varieties 'Solnechnaya 573', 'Oazis', 'Shukshinka', 'ATP Prima', and 'ATP Partner' developed at the Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnology in the last decade, relative to the standard variety 'Pamyati Yanchenko'. Productivity of the varieties 'Solnechnaya 573' and 'ATP Prima' remained at the standard level. Productivity of 'Oazis', 'Shukshinka', and 'ATP Partner' increased by 5.1–6.2 %. Under conditions of minimal and maximal yield realization the later three cultivars yielded better than the check and another two were equal to it. Grain weight per plant increased by 1.6–

15.2 %, main ear weight increased by 3.7–33.6 %, and grain number per main ear increased by 9.8–29.9 %. Sowing density parameters did not undergo significant changes. The trait '1000-kernel weight' decreased by 5.8% on average, while the variety 'Oazis' increased this trait by 4.2 %. Plant height varied in different directions, namely the varieties 'Shukshinka', 'ATP Prima', and 'ATP Partner' decreased their plant height by 5–11 %, while the varieties 'Solnechnaya 573' and 'Oazis' improved it by 8 % and 5 %. The above-ground weight of plants was 2–18 % higher than that of the standard. Productivity closely correlated with plant weight (0.82\*\*\*), grain weight per plant (0.80\*\*\*), main ear weight (0.79\*\*\*), and a tillering shoot (0.77\*\*), and grain content (0.63\*), but poorly correlated with 1000-kernel weight (0.40). Grain weight per plant was related to its weight (0.93\*\*\*), grain weight per main ear (0.93\*\*\*), and a tillering shoot (0.77\*\*). Grain weight per main ear was determined by grain content by 74 % and 1000-kernel weight by 15 %. In ecological testing, the new varieties exceeded the standard by 3.9–46.8 %. The large productivity of the new varieties 'Shukshinka' and 'ATP Prima' has been realized at farms in the Altai Territory at a level of 5.0 t/ha.

**Keywords:** breeding, durum wheat, variety, productivity, yield structure elements, correlation.

**Введение.** Для эффективного селекционного улучшения сортов полевых культур на современном этапе необходимо на основании знаний о требованиях перерабатывающей промышленности, природно-климатического потенциала зоны научного обеспечения, практикуемых технологий возделывания культуры разработать модели сортов с учетом продолжительности вегетационного периода, степени интенсивности и наметить стратегии их реализации. В селекционном центре Алтайского НИИ сельского хозяйства на основании проведенных исследований и накопленных знаний была сформирована программа продолжения исследований по селекции полевых культур сроком на 2011–2030 гг. (Korobeinikov et al., 2011), в которой обозначены основные параметры моделей сортов основных полевых культур, включая яровую твердую пшеницу. За прошедший с 2011 г. период создан ряд сортов с улучшенными относительно стандартов агрономически значимыми характеристиками. Создано 6 сортов яровой твердой пшеницы: Памяти Янченко (год внесения в реестр селекционных достижений – 2012-й), Солнечная 573 (2016 г.), Оазис (2017 г.), Шукшинка (2022 г.), ATP Прима (2023 г.) и ATP Партнер (2024 г.).

Урожайность пшеницы является производной от количества растений на единице площади и массы зерна с каждого растения. В процессе формирования урожайности растения реагируют на внешние условия. Критическими периодами для твердой пшеницы являются межфазные периоды «кущение–выход в трубку» и «колошение – начало формирования зерна» (Rozova et al., 2010; Xynias et al., 2020). Детерминация урожайности в системе «сорт – условия – взаимодействие генотип x среда» меняется в зависимости от динамики погодных факторов и набора изучаемых сортов. Ценность представляют формы с высоким уровнем реализации потенциала урожайности и стабильностью при смене обстоятельств их тестирования (Rozova et al., 2010).

Совершенствование урожайности сортов может происходить различными путями (Gholamin et al., 2020; Mal'chikov et al., 2023). Большинство исследователей подчеркивают значительный эффект в повышении урожайности массы зерна с колоса и озерненности колоса (Peltonen-Sainio et al., 2007; Samopalov et al., 2018; Kir'yakova et al., 2019; Nofouzi, 2024),

или же массы колоса, массы 1000 зерен и Кхоз (Xynias et al., 2020; Ivanisova, 2022; Gholamin et al., 2024), озерненности 1 м<sup>2</sup> и биомассы растения (Rozova et al., 2016; Xynias et al., 2020). В Финляндии на основании 30-летних исследований в экологических опытах показано, что озерненность колоса находится в сильной зависимости от условий произрастания и ее связь с урожайностью выше, чем массы 1000 зерен (Peltonen-Sainio et al., 2007). При создании сортов интенсивного типа результативным может быть повышение озерненности колоса, длины колоса и его крупности (Samopalov et al., 2018). Высокие уровни массы 1000 зерен и массы главного колоса могут являться индикаторами увеличения урожайности (Gholamin et al., 2020). В условиях изменения климата и повышения в воздухе содержания озона крупность зерна оказывает положительное влияние на продуктивность пшеницы (Quan et al., 2025).

Разработка молекулярно-генетических подходов позволила выявить генетические структуры, связанные с признаками продуктивности. Недавние исследования чилийских и итальянских ученых показали, что урожайность твердой пшеницы и ее структурные компоненты контролируются многими QTL с малыми эффектами (Arriagada et al., 2022). Так, например, итальянскими исследователями для получения эффективных стрессоустойчивых генотипов 421 QTL был сгруппирован в 76 Мета-QTL, связанных с урожайностью и ее элементами, как в условиях естественного увлажнения, так и при орошении. Стабильные QTL были распределены по 12 геномным регионам практически всех хромосом, за исключением 1A, 4A, 5A и 6B. В этих QTL находятся 15 генов с разной экспрессией в условиях засухи.

Цель исследования – выявить направления и величины изменений урожайности и ее элементов на современном этапе селекции на урожайность яровой твердой пшеницы в ФГБНУ ФАНЦА.

#### **Материалы и методы исследований.**

Материалом для выполнения исследований послужили пять сортов яровой твердой пшеницы, созданных в Федеральном Алтайском научном центре агробиотехнологий (ФАНЦА): Солнечная 573, Оазис, Шукшинка, ATP Прима, ATP Партнер, изучавшиеся в блоке конкурс-

ного сортоиспытания вместе с другими линиями. Стандарт Памяти Янченко рекомендован Госсортомиссией РФ для сортоиспытания твердой пшеницы в Алтайском крае. По продолжительности вегетации Солнечная 573, Шукшинка и АТП Партнер относятся к среднеспелой группе, Оазис и АТП Прима – к среднепоздней, стандарт Памяти Янченко включен в реестр селекционных достижений как среднеспелый сорт.

Полевые опыты были заложены на стационаре лаборатории селекции твердой пшеницы отдела АНИИСХ ФГБНУ ФАНЦА, расположенного в Приобской лесостепи Алтайского края, в 2020–2023 годах. Делянки закладывали по черному пару. Посев осуществляли сеялкой ССФК-7, норма высева – 5 млн всхожих зерен/га. По всходам в двух несмежных повторениях устанавливали учетные площадки для определения структуры урожая. В это же время делянки опрыскивали инсектицидом, в период «кущение – выход в трубку» посеvy обрабатывали баковой смесью граминцидов и дикотидов. Площадь делянки 20 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. Уборку осуществляли комбайном Wintersteiger Classic. Статистическую обработку данных конкурсного сортоиспытания 3-го года, в котором изучали новые сорта, выполняли по Б.А. Доспехову (Dospikhov, 2014).

Для определения перспективности сортов с точки зрения экологической пластичности в 2023 г. было проведено испытание сортов в различных экологических точках Российской Федерации: в К(Ф)Х Студенов М.К. Алтай-

ского края – по пару (Алтайский край, пар), в ОП «Троицкое» Челябинской обл. – по пару и зерновым (Челябинская область, пар, зерновые); в ООО «Агропродукт» Волгоградской области – по пару и озимой пшенице (Волгоградская обл., пар, озимая пшеница) и в КХ Волков В.А. Курганской обл. – по пару (Курганская обл., пар).

Погодные условия лет изучения отличались разнообразием. ГТК за май и его декады ежегодно был низким – 0,18–0,40. Наиболее благоприятные условия сложились в 2022 г. (табл. 1), когда при слабом обеспечении атмосферной влагой в мае, но при достаточных осенне-зимних запасах влаги в почве, обильном количестве осадков в июне и июле (ГТК соответственно 2,06 и 0,98) в блоке конкурсного испытания была получена урожайность 6,0 т/га – самая высокая за последние 40 лет. В другие годы урожайность была много ниже: в 2020 г. – 3,55, в 2021 г. – 4,48 и в 2023 г. – 3,80 т/га. Тем не менее уровень урожайности в годы исследований был выше среднего значения за многолетний период – 3,2 т/га. Из четырех лет изучения выделялся 2023 год. Вегетационный период проходил на фоне незначительных осадков в начале вегетации и до 14 июня, в начале июня наблюдалась крайне жаркая погода в течение 6 дней, а при достижении посевом полной спелости установилась дождливая погода на протяжении 12 дней, приведшая к сильному прорастанию зерна.

**Таблица 1. Погодные условия периода вегетации яровой твердой пшеницы, 2020–2023 гг.**  
**Table 1. Weather conditions during the vegetation period of spring durum wheat, 2020–2023**

Декада, месяц	Температура, оС					Осадки, мм				
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Норма*	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Норма*
I	12,9	13,7	12,0	11,2	10,6	13,0	0,5	1,2	1,5	15
II	20,7	16,0	19,2	10,9	13,1	0,3	16,3	0,8	3,8	13
III	16,8	17,5	20,1	14,0	14,7	18,1	1,8	2,6	4,8	14
Май	16,8	15,6	17,2	12,1	12,9	31,4	18,6	4,6	10,1	42
I	15,2	17,4	13,3	23,8	17,0	10,6	23,9	27,8	24,6	15
II	17,2	18,4	20,2	18,7	18,2	12,2	13,2	60,6	3,6	13
III	20,2	14,9	21,1	16,7	19,5	2,4	50,0	22,8	16,7	19
Июнь	17,5	16,9	18,2	19,7	18,2	25,2	87,1	111,2	44,9	47
I	20,7	20,9	18,1	19,9	19,9	12,6	6,8	41,7	12,0	15
II	21,2	18,1	18,5	22,9	20,6	16,4	15,3	0,4	18,2	18
III	18,2	19,9	19,9	21,4	19,4	38,7	2,9	13,9	44,9	31
Июль	20,2	20,1	18,8	21,4	19,9	67,7	25,0	56,0	75,1	64
I	21,1	20,3	18,9	20,7	19,1	17,5	10,8	9,7	14,4	18
II	19,0	17,1	15,7	15,3	17,8	11,9	13,7	5,1	50,8	16
III	16,4	17,6	15,9	19,1	16,0	23,9	3,5	1,3	9,4	15
Август	18,8	18,3	16,8	18,4	17,6	53,3	28,0	16,1	79,6	49

Примечание. \* – среднемноголетнее значение.

**Результаты и их обсуждение.** В условиях данного эксперимента сорта твердой пшеницы сформировали урожайность на уровне среднемноголетней (3,2 т/га) и выше – в среднем по опыту 4,45 т/га при изменении по вариантам от 3,12 до 6,41 т/га (см. табл. 2). В 2020 г. она составила 3,48 т/га, в 2021 г. – 4,53 т/га, в 2022 г. –

6,03 т/га и в 2023 г. – 3,76 т/га. Урожайность стандарта Памяти Янченко составила 4,35 т/га с колебаниями от 3,21 до 5,68 т/га (табл. 2).

Сорта Солнечная 573 и АТП Прима имели близкую к стандарту среднюю по годам урожайность, остальные превосходили его. Наиболее высокая урожайность отмечена у среднепозд-

него сорта Оазис (4,62 т/га, или +6,2 % к стандарту) и среднеспелых сортов Шукшинка (4,59 т/га, или 5,5 %) и АТП Партнер (4,57 т/га, или 5,1 %). В 2020 г., при самой низкой урожайности в опыте, новые сорта были урожайнее стан-

дарта, за исключением сорта Солнечная 573 с близким к стандарту значением (см. табл. 2). Высокие значения минимальной урожайности реализовали Шукшинка и АТП Прима – 3,68 т/га, или +14,6 %.

**Таблица 2. Урожайность новых сортов яровой твердой пшеницы, т/га (2020–2023 гг.)**  
**Table 2. Productivity of the new spring durum wheat varieties, t/ha (2020–2023)**

Сорт	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	средняя	min–max	$b_i^*$
Памяти Янченко, st.	3,21	4,77	5,68	3,75	4,35	3,21–5,68	0,93
Солнечная 573	3,12	4,45	5,80	3,54	4,23	3,18–5,80	1,03
Оазис	3,58	4,43	6,41	4,07	4,62	3,58–6,41	1,06
Шукшинка	3,68	4,65	6,22	3,82	4,59	3,68–6,22	1,02
АТП Прима	3,68	4,22	5,85	3,58	4,33	3,68–5,85	0,91
АТП Партнер	3,61	4,68	6,22	3,78	4,57	3,61–6,22	1,05
средняя	3,48	4,53	6,03	3,76	4,45	3,48–6,03	
НСР <sub>0,05</sub>	0,24	0,25	0,26	0,24	0,16		

\* – коэффициент регрессии по Eberhart, Russell (1966)

Верхний предел полученной урожайности говорит об отзывчивости сорта на улучшение погодных условий. В 2022 г. максимальная урожайность получена у среднеспелого сорта Оазис (6,41 т/га, +12,9 %). Кроме него, высокой продуктивностью характеризовались и два среднеспелых сорта – Шукшинка и АТП Партнер (6,22 т/га, +9,5 %). Сходство этих двух сортов по реакции на условия вполне может быть связано с их общим происхождением – индивидуальный отбор из популяции Памяти Янченко / Памяти Чеховича, хотя по морфобиологическим признакам они существенно отличаются между собой. Урожайность сортов Солнечная 573 и АТП Прима слабо отличалась от стандарта (+2–3 %).

Коэффициенты регрессии по Эберхарту и Расселу (Eberhart, Russel, 1966) свидетельствуют о том, что сорта адекватно реагируют на изменения условий возделывания и обладают хорошим уровнем фенотипической стабильности:  $b_i = 0,91–1,06$ . С учетом этого показателя, средней урожайности и пределов варьирования к числу экологически пластичных следует отнести сорта Оазис, Шукшинка и АТП Партнер.

Таким образом, большинство новых сортов на фоне удовлетворительного обеспечения

потребности растений в тепле и влаге (2020 г.) формировали повышенную относительно стандарта урожайность. На наиболее благоприятном фоне 2022 г. самыми продуктивными были сорта Оазис, Шукшинка и АТП Партнер, что говорит об их хорошей отзывчивости на внешние условия.

Величины элементов структуры урожая в среднем за 4 года представлены в таблице 3. Несмотря на то что норма высева составляла 5 млн всхожих зерен на 1 га, к уборке сохранилось от 311 до 375 растений в зависимости от сорта, что обеспечивало 399–443 колосонных стеблей на 1 м<sup>2</sup>. Из-за высоких значений НСР по этим показателям достоверных различий по густоте между сортами не выявлено. Продуктивная кустистость в среднем за 4 года составляла 1,13–1,30 стеблей на одно растение, и самой высокой она была у сорта-стандарта Памяти Янченко. Значительно ниже кустистость у позднеспелых сортов Оазис и АТП Прима (1,13), но при этом у сорта АТП Прима было самое большое количество растений, что компенсировало слабое кущение. Оазис, не имея преимуществ по густоте стояния растений, имел меньшую густоту стеблестоя.

**Таблица 3. Элементы структуры урожая новых сортов яровой твердой пшеницы, 2020–2023 гг.**  
**Table 3. Yield structure elements of the new spring durum wheat varieties, 2020–2023**

Элементы структуры урожая	Памяти Янченко, st.	Солнечная 573	Оазис	Шукшинка	АТП Прима	АТП Партнер	НСР <sub>0,05</sub>
Высота растений, см	104	112	109	99	93	98	6
Количество растений на 1 м <sup>2</sup>	311	323	347	350	375	337	68
Количество продуктивных побегов на 1 м <sup>2</sup>	442	443	399	427	442	438	71
Продуктивная кустистость, шт.	1,30	1,23	1,13	1,21	1,13	1,25	0,10
Масса растения, г	3,15	3,34	3,72	3,25	3,22	3,42	0,37
Озерненность колоса, шт.	21,4	23,5	25,4	27,0	27,8	26,7	1,7
Масса 1000 зерен, г	49,9	46,1	52,1	46,9	44,2	45,5	2,6
Масса зерна с главного колоса, г	1,07	1,11	1,32	1,24	1,24	1,43	0,10
Масса зерна с дополнительного побега, г	0,77	0,74	0,77	0,92	0,82	0,77	0,24



Продолжение табл. 3

Элементы структуры урожая	Памяти Янченко, st.	Солнечная 573	Оазис	Шукшинка	АТП Прима	АТП Партнер	НСР <sub>0,05</sub>
Средняя масса зерна дополнительного побега на растение, г	0,21	0,18	0,12	0,18	0,10	0,22	0,08
Масса зерна с растения, г	1,25	1,27	1,44	1,41	1,34	1,43	0,15

Относительно стандарта все новые сорта характеризовались повышенными значениями массы зерна главного колоса (+0,04–0,36 г), растения (+0,02–0,18 г) и озерненности колоса (+2,1–6,4 зерна). У сорта Солнечная 573 превышение по первым двум показателям статистически не доказано, у сорта АТП Прима не доказано по массе зерна с растения.

Изучение связи урожайности с элементами структуры на основе фенотипических коэффициентов корреляции показало, что количество растений и продуктивных побегов с 1 м<sup>2</sup> практически не влияют на результирующий признак: коэффициенты корреляции составили -0,14 и 0,16 соответственно (табл. 4). При этом

выражена положительная связь с продуктивной кустистостью (0,69\*\*), с урожайностью тесно коррелируют масса зерна растения (0,80\*\*\*), масса зерна главного колоса (0,79\*\*\*), масса зерна побега кущения (0,77\*\*). Немного ниже коэффициент корреляции с озерненностью колоса – 0,63\*. Наземная масса самого растения характеризовалась самым высоким значением коэффициента корреляции (0,82). Эффект массы 1000 зерен на урожайность был статистически не доказанным, что можно объяснить высокой массой 1000 зерен у стандарта и его невысокой продуктивностью относительно новых сортов.

**Таблица 4. Фенотипические коэффициенты корреляции урожайности и элементов ее структуры**  
**Table 4. Phenotypic correlation coefficients of yield and its structure elements**

Элемент структуры урожая	Урожайность	Масса зерна растения	Масса зерна главного колоса
Количество растений / 1 м <sup>2</sup>	-0,14	0,23	0,14
Количество стеблей / 1 м <sup>2</sup>	0,16	0,47	0,27
Высота растений	0,42	0,58*	0,43
Продуктивная кустистость	0,69**	0,72**	0,48
Масса растения	0,82***	0,93***	0,87***
Длина колоса	0,33	0,49	0,66**
Количество колосков в колосе	0,48	0,58*	0,74**
Озерненность главного колоса	0,63*	0,78***	0,86***
Масса зерна главного колоса	0,79***	0,93***	–
Масса зерна дополнительного побега	0,77**	0,85***	0,77**
Масса зерна дополнительного побега на растение	0,60*	0,79***	0,52
Масса зерна растения	0,80****	–	0,93***
Масса 1000 зерен	0,38	0,39	0,39

Примечание. \* – достоверно при вероятности 95 %, \*\* – при вероятности 99 %, \*\*\* – при вероятности 99,9 %.

Величина коэффициента корреляции показывает, что продуктивность отдельного растения находилась в функциональной связи с его наземной массой (0,93\*\*\*), массой зерна главного колоса (0,93\*\*\*), и дополнительного побега (0,85\*\*\*). В свою очередь, для массы зерна главного колоса ведущую роль играли озерненность (0,86\*\*\*), и наземная масса растения (0,87\*\*\*). Связь с массой 1000 зерен невысокая – 0,39 и статистически не доказана. Возможно, что эффект крупности зерна был невысоким вследствие проведения эксперимента в спектре достаточно благоприятных условий, тогда как он более выражен в засушливых условиях (Rozova et al., 2016; Grabovetz et al., 2019). Приоритет озерненности в детерминации продуктивности растений и урожайности в целом подтверждается многочисленными литературными данными (Garcia del Moral et al.,

2003; Rozova et al., 2010; Nofouzi, 2018; Ivanisova, 2022; Mal'chikov et al., 2023). Озерненность, в свою очередь, тесно связана с количеством продуктивных колосков в колосе – 0,74\*\*, наземной массой растений – 0,66 и длиной колоса – 0,66\*\*.

На фенотипическом уровне наблюдается связь массы зерна растения и высоты растений (0,58\*), что подтверждается литературными источниками и данными этого опыта. На генотипическом уровне ситуация выглядит иначе. При снижении высоты у сортов Шукшинка (-4,8 %), АТП Партнер (-5,8 %) и АТП Прима (-10,6 %) надземная масса растений не только не снижалась, а увеличивалась соответственно на 3,2; 8,6 и 2,2 %, что в пересчете на 10 см высоты было равно 0,328, 0,346 и 0,346 г соответственно при 0,303 г у стандарта Памяти Янченко. Следовательно, с понижением

нием высоты растений высока вероятность сохранения и даже прироста совокупного банка ассимилятов.

Для определения перспективности сортов с точки зрения экологической пластич-

ности в 2023 г. было проведено их испытание в различных экологических зонах Российской Федерации (табл. 5).

**Таблица 5. Урожайность сортов яровой твердой пшеницы селекции ФАНЦА в экологическом и производственном испытании, 2023 г.**  
**Table 5. Productivity of the spring durum wheat varieties developed by the FASCA in environmental and production trials, 2023**

Сорт, линия	Алтайский край, пар	Челябинская обл.		Волгоградская обл.		Курганская обл., пар
		пар	зерновые	пар	зерновые	
Памяти Янченко, ст.	1,17	2,67	1,93	4,26	3,83	1,50
Солнечная 573	–	–	–	4,63	4,08	1,42
Оазис	–	3,75	2,34	–	–	1,10
Шукшинка	1,28	3,41	2,48	4,91	4,33	1,56
АТП Прима	1,30	4,48	2,71	–	–	2,20
АТП Партнер	1,28	3,02	2,08	4,26	4,08	1,23

Испытание сортов в различных экологических точках РФ показало, что новые сорта селекции ФАНЦА имеют значительное превышение по урожайности над стандартом в пяти случаях из шести (с учетом агрофонов). Наиболее жесткие условия сложились при испытании в Алтайском крае в КФХ М.К. Студенова в условиях Западно-Кулундинской степной зоны. Новые сорта имели прибавки урожая от 9,4 до 11,1 %. Низкий уровень урожайности сложился и в условиях степи Курганской области. Здесь сорта Оазис и АТП Партнер уступали сорту Памяти Янченко. Самые благоприятные условия наблюдали в 2023 г. в Волгоградской области. Высейнные здесь новые сорта Солнечная 573 и Шукшинка превосходили стандарт на обоих агрофонах, АТП Партнер по пару сформировал равную урожайность со стандартом, а по зерновым – на 0,25 т/га выше. Средняя прибавка урожая к стандарту по всем вариантам испытания составила: Солнечная 573 +0,18 т/га (6 %), Оазис +0,37 т/га (18,2 %), Шукшинка +0,44 т/га (17,1 %), АТП Прима +0,85 (46,7 %), АТП Партнер +0,10 т/га (3,9 %). Сорта Шукшинка и АТП Прима показали превышения разной степени во всех точках их испытания, что говорит об их экологической пластичности и перспективности использования в этих условиях. Кроме этих сортов, в Челябинской области могут успешно выращиваться Оазис и АТП Партнер, в Волгоградской области – Солнечная 573. Помимо урожайности, при выборе сорта твердой пшеницы селектоваро-производители учитывают ряд приоритетных показателей, прежде всего качества, а также устойчивости к абиотическим стрессам.

Реализация потенциала новых сортов в сельскохозяйственном производстве Алтайского края достигала 5 т/га. В 2024 г. в ООО «Новороссийское» Рубцовского района (степная зона) на сорте Шукшинка получена урожайность 5,2 т/га, в ООО «Хлебное» Родинского района (степная зона) на этом же сорте – 4,0 т/га; на полях размножения в ФГБНУ ФАНЦА в 2022 г. (Приобская лесостепь) урожайность сорта АТП Прима составила

5,0 т/га. Реализованный потенциал урожайности в контрольном и конкурсном сортоиспытании составил: по сорту Солнечная 573 – 5,68 т/га, Оазис – 6,16 т/га, Шукшинка – 6,90 т/га, АТП Прима – 7,56 т/га, АТП Партнер – 6,39 т/га, стандарта Памяти Янченко – 5,86 т/га.

**Выводы.** Таким образом, проведенная работа позволила выявить особенности формирования урожайности у новых сортов твердой пшеницы, созданных в ФГБНУ ФАНЦА, в сравнении с сортом-стандартом Памяти Янченко. Установлено, что по урожайности Оазис, Шукшинка, АТП Партнер превосходят стандарт на 5–10 % в среднем за годы изучения или же имеют одинаковую урожайность, но обладают лучшей отзывчивостью на условия среды и стабильностью.

Селекционным путем у новых сортов удалось увеличить надземную массу растений, массу зерна с главного колоса и растения, повысить озерненность колоса, сохранить густоту продуктивного стеблестоя; снизить высоту растений у сортов Шукшинка, АТП Прима и АТП Партнер. Новые сорта, за исключением сорта Оазис, уступали стандарту по массе 1000 зерен. Повышение урожайности положительно связано с надземной массой растения ( $r = 0,82^{***}$ ), массой зерна растения ( $0,80^{***}$ ) и главного колоса ( $0,79^{***}$ ), массой зерна побега кущения ( $0,77^{**}$ ), озерненностью главного колоса ( $0,63^*$ ). Масса 1000 зерен имела меньшую связь с урожаем – 0,38. Масса зерна отдельного растения тесно связана с надземной массой растения ( $0,93^{***}$ ), массой зерна с главного колоса ( $0,93^{***}$ ), массой зерна побега кущения ( $0,85^{***}$ ) и продуктивной кустистостью ( $0,72^{**}$ ). Детерминация массы зерна с колоса в основном осуществлялась через озерненность ( $r = 0,86^{***}$ ) и в меньшей степени – через массу 1000 зерен ( $r = 0,39$ ).

В условиях широкого экологического испытания в сравнимых условиях новые сорта формировали урожайность на 3,9–46,8 % выше стандарта.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках реализации государственных зада-

ний ФГБНУ ФАНЦА по пункту 4.1.2. программы ФНИ в РФ на долгосрочный период Растениеводство, защита и биотехнология растений: № 0790-2014-0007 «Создание принципиально новых стрессоустойчивых сортов и гибридов зерновых, зернобобовых, масличных, просовидных и сорговых культур, обладающих высокой и стабильной продуктивностью, повышенным качеством зерна и продуктов его переработки, на основе комплексного изучения генофонда, использования инфекционных

и провокационных фонов оценки селекционного материала», № 0534-2021-0002 «Создание новых сортов зерновых, зернобобовых, масличных и кормовых культур с высокими признаками продуктивности и качества, устойчивых к био- и абиострессорам, с широким спектром использования, включая кормопроизводство».

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность рецензентам за их вклад в экспертную оценку этой работы.

### Библиографический список

1. Грабовец А.И., Кадушкина В.П., Коваленко С.А. Совершенствование методологии селекции яровой твердой пшеницы в условиях меняющегося климата // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 3. С. 33–36. DOI: 10.30850/vrsn/2019/3/33-36
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 2014. 352 с.
3. Иванисова А.С. Оценка элементов структуры урожая коллекционных образцов озимой твердой пшеницы на юге Ростовской области // Аграрная наука. 2022. № 2. С. 62–66. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-356-2-62-66
4. Кирьякова М.И., Евдокимов М.Г., Юсов В.С., Глушаков Д.А. Сравнительное изучение сортов твердой пшеницы по элементам продуктивности и пластичности // Вестник НГАУ. 2019. № 3. С. 33–39. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-33-39
5. Коробейников Н.И., Шукис Е.Р., Розова М.А., Борадулина В.А., Мусалитин Г.М., Гуркова Е.В., Кострова Л.И. Программа работ селекцентра Алтайского научно-исследовательского института сельского хозяйства // Под ред. Н.И. Коробейникова. Барнаул: ГНУ Алтайский НИИСХ, Сибирское региональное отделение, 2011.
6. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Развитие селекции яровой твердой пшеницы в России (странах бывшего СССР), результаты и перспективы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2023. Т. 27, № 6. С. 591–608. DOI: 10.18699/VJGB-23-71
7. Розова М.А., Зиборов А.И. Корреляционные связи урожайности яровой твердой пшеницы с элементами ее структуры в зависимости от уровня продуктивности генотипов и погодных условий в Приобской лесостепи Алтайского края // Вестник АГАУ. 2016. Т. 136, № 2. С. 44–49.
8. Розова М.А., Янченко В.И., Мельник В.М. Экологическая пластичность яровой твердой пшеницы на Алтае. Барнаул: Азбука, 2010. 151 с.
9. Самофалов А.П., Подгорный С.В., Скрипка О.В. Оптимальные параметры элементов продуктивности модельного сорта мягкой озимой пшеницы интенсивного типа для условий юга Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2018. Т. 60, № 6. С. 64–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-64-68
10. Arriagada O., Gadaleta A., Marcotuli I., Maccaferri M., Campana M., Revenco S., Alfaro Ch., Matus I., Schwember A.R. A comprehensive meta-QTL analysis for yield-related traits of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) grown under different water regimes. *Frontiers in Plant Science*. Front // Plant Sci. 2022. Vol. 13. P. 984269. DOI: 10.3389/fpls.2022.984269. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.gov/36147234> [accessed 02.02.2024]
11. Garcia del Moral L.F., Rharrabti Y., Villegas D., Royo C. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: an ontogenic approach // *Agronomy Journal*. 2003. Vol. 95. P. 266–274. DOI: 10.2134/agronj.2003.2660.
12. Gholamin R., Khayatnezhad M. The Study of Path Analysis for Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) Yield Components//*Bioscience Biotechnology Research Communication*. 2020. Vol. 13(4). DOI: <http://dx.doi.org/10.21786/bbrc/13.4/76>. Available from: <https://bbrc.in/the-study-of-path-analysis-for-durum-wheat-triticum-durum-desf-yield-components> [accessed 17.01.2024]
13. Nofouzi F. Evaluation of seed yield of durum wheat (*Triticum durum*) under drought stress and determining correlation among some yield components using path coefficient analysis // *Cuadernos de Investigación UNED*. 2018. Vol. 10(1). P. 179–183. DOI: 10.22.458/urj.v10i1.2023. Available from: [www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-42662018000100179#](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-42662018000100179#):~: [accessed 15.01.2024]
14. Peltonen-Sainio P., Kangas A., Salo Y., Jauhainen L. Grain number dominates grain weight in temperate cereal yield determination: Evidence based on 30 years of multi-location trials // *Field crop research*. 2007. Vol. 100. P. 179–188. DOI: 10.1016/j.fcr.2006.07.002
15. Quan Y., Zhao ZH., Cao Y., Ma Quan., Zhu N., Song L., Zhu M., Li Ch., Ding J., Guo W., Zhu X. Renewal of wheat cultivars enhances ozone resistance in yield but detrimentally impacts quality a survey of Chinese wheat // *Frontier in plant Science*. 2025. Vol. 15: 1526846. DOI: 3589/tpis.2024.1526846. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2024.1526846/full>. [accessed 04.02.2025]
16. Xynias I.N., Mylonas I., Korpetis E.G., Ninou E., Tsaballa A., Avdicos I.D., Mavromatis A.G. Durum wheat breeding in the Mediterranean region: Current status and future prospects // *Agronomy*. 2020. Vol. 10. P. 432. DOI: 10.3390/agronomy10030432. Available from: [sci-hub.ru/10.3390/agronomy10030432](https://sci-hub.ru/10.3390/agronomy10030432) [accessed 15.01.2024]

### References

1. Grabovetz F.B., Kadushkina V.P., Kovalenko S.A. Sovershenstvovanie metodologii selekcii yarovoj tvrdoj pshenicy v usloviyah menyayushchegosya klimata [Improving the methodology of spring durum



wheat breeding under changing climatic conditions] // Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2019. № 3. P. 33–36. DOI: 10.30850/vrsn/2019/3/33-36

2. Dospekho B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with basics of statistical analysis of the study results)]. M.: Agropromizdat, 2014. 352 s.

3. Ivanisova A.S. Ocenka elementov struktury urozhaya kollekcionnykh obrazcov ozimoy tverdoj pshenicy na yuge Rostovskoj oblasti [Estimation of yield structure elements of collection samples of winter durum wheat in the south of the Rostov region] // Agrarnaya nauka. 2022. T. 356 (2). P. 62–66. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-356-2-62-66

4. Kir'yakova V.I., Evdokimov M.G., Yusov V.S., Glushakov D.A. Sravnitel'noe izuchenie sortov tverdoj pshenicy po elementam produktivnosti i plastichnosti [Comparative study of durum wheat varieties based on productivity and adaptability] // Vestnik NGAU. 2019. № 3. P. 33–39. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-33-39

5. Korobeinikov N.I., Shoukis E.R., Rozova M.A., Boradulina V.A., Mousolitin G.M., Gourkova E.V., Kostrova L.I. Programma rabot selektsionnogo nauchno issledovatel'skogo instituta sel'skogo khozyajstva [The program of the works fulfilled in the Breeding Center of the Altai Research Institute of Agriculture] // Pod red. N.I. Korobeinikova. Barnaul: GNU Altaiskii NIISKh, Sibirskoe regional'noe otделение, 2011.

6. Mal'chikov P.N., Myasnikova M.G. Razvitie selekcii yarovoj tverdoj pshenicy v Rossii (stranah byvshego SSSR), rezul'taty i perspektivy [Development of spring durum wheat breeding in Russia (former USSR countries): results and prospects] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selekts. 2023. Vol. 27, № 6. P. 591–608. DOI: 10.18699/VJGB-23-71

7. Rozova M.A., Ziborov A.I. Korrelyatsionnye svyazi urozhajnosti yarovoj tverdoj pshenicy s elementami ee struktury v zavisimosti ot urovnya produktivnosti genotipov i pogodnykh uslovij v Priobskoj lesostepi Altajskogo kraja [Correlations between spring durum wheat productivity and yield structure elements depending on genotype productivity levels and weather conditions in the Priobskaya forest-steppe of Altai Territory] // Vestnik AGAU. 2016. T. 136, № 2. P. 44–49.

8. Rozova M.A., Yanchenko V.I., Melnik V.M. Ekologicheskaya plastichnost' yarovoj tverdoj pshenicy na Altae [Ecological adaptability of spring durum wheat in Altai] // Barnaul: Azbuka; 2010. 151 s.

9. Samophalov A.P., Podgornyi S.V., Skripka O.V. Optimal'nye parametry elementov produktivnosti model'nogo sorta, myagkoj ozimoy pshenicy intensivnogo tipa dlya uslovij yuga Rostovskoj oblasti [Optimal parameters of productivity elements of a model variety of intensive common winter wheat for the south of the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. Vol. 60, № 6. P. 64–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-64-68

10. Arriagada O., Gadaleta A., Marcotuli I., Maccaferri M., Campana M., Reveco S., Alfaro Ch., Matus I., Schwember A.R. A comprehensive meta-QTL analysis for yield-related traits of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) grown under different water regimes. Frontiers in Plant Science. Front. Plant Sci. 2022. Vol. 13:984269. P. DOI: 10.3389/fpls.2022.984269. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.gov/36147234> [accessed 02.02.2024]

11. Garcia del Moral L.F., Rharrabti Y., Villegas D., Royo C. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: an ontogenic approach // Agronomy Journal. 2003. Vol. 95. P. 266–274. doi: 10.2134/agronj.2003.2660.

12. Gholamin R., Khayatnezhad M. The Study of Path Analysis for Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) Yield Components. Bioscience Biotechnology Research Communication. 2020. Vol. 13(4). DOI: <http://dx.doi.org/10.21786/bbrc/13.4/76>. Available from: <https://bbrc.in/the-study-of-path-analysis-for-durum-wheat-triticum-durum-desf-yield-components> [accessed 17.01.2024]

13. Nofouzi F. Evaluation of seed yield of durum wheat (*Triticum durum*) under drought stress and determining correlation among some yield components using path coefficient analysis. Cuadernos de Investigación UNED. 2018 Vol. 10(1). P. 179–183. DOI: 10.22.458/urj.v10i1.2023. Available from: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-42662018000100179#:~:](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-42662018000100179#:~:) [accessed 15.01.2024]

14. Peltonen-Sainio P., Kangas A., Salo Y., Jauhiainen L. Grain number dominates grain weight in temperate cereal yield determination: Evidence based on 30 years of multi-location trials // Field crop research. 2007. Vol. 100. P. 179–188. doi: 10.1016/j.fcr.2006.07.002

15. Quan Y., Zhao ZH., Cao Y., Ma Quan., Zhu N., Song L., Zhu M., Li Ch., Ding J., Guo W., Zhu X. Renewal of wheat cultivars enhances ozone resistance in yield but detrimentally impacts quality^ a survey of Chinese wheat // Frontier in plant Science. 2025. Vol. 15: 1526846. DOI: 3589/tpis.2024.1526846. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2024.1526846/full>. [accessed 04.02.2025]

16. Xynias I.N., Mylonas I., Korpets E.G., Ninou E., Tsballa A., Avdicos I.D., Mavromatis A.G. Durum wheat breeding in the Mediterranean region: Current status and future prospects // Agronomy. 2020. Vol. 10(3). P. 432. doi: 10.3390/agronomy10030432. Available from: [sci-hub.ru/10.3390/agronomy10030432](https://sci-hub.ru/10.3390/agronomy10030432) [accessed 15.01.2024]

Поступила: 24.02.25; доработана после рецензирования: 16.07.25; принята к публикации: 16.07.25.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Авторский вклад.** Розова М.А. – концептуализация исследований, подготовка данных, анализ данных; Егизарян Е.Е. – закладка и выполнение полевых опытов; Ляпунова О.А. – подготовка рукописи к печати.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**