



## Изменчивость и связи хозяйственно ценных признаков яровой мягкой пшеницы в условиях северной лесостепи Западной Сибири

© 2022. В. Н. Пакуль ✉

Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, г. Кемерово, Российская Федерация

*Цель исследований – изучить изменчивость и связи хозяйственно ценных признаков яровой мягкой пшеницы в условиях северной лесостепи Западной Сибири и выявить перспективные источники для использования в процессе селекции. Исследования проводили в 2018-2021 гг. Объекты исследований – 60 образцов яровой мягкой пшеницы различного происхождения (Россия, Казахстан, Украина, Китай) из коллекций Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова и Кемеровского НИИСХ. Изучение проводили в коллекционном питомнике, сорт-стандарт ОмГАУ 90. Выявлен 21 образец яровой мягкой пшеницы с вегетационным периодом 80-85 дней. По урожайности выделены образцы: ПМ-83-17 (КП-072, Кемерово, РФ) – 236,0 г/м<sup>2</sup>, Лютеценс 5-17 (КП-073, Кемерово, РФ) – 240,0 г/м<sup>2</sup>, Омская 35 (к-64459, Омск, РФ) – 246 г/м<sup>2</sup>, Сибирский Альянс (к-65242, Барнаул, Кемерово, РФ) – 252 г/м<sup>2</sup>, Лютеценс 105/4 (КП-071, Кемерово, РФ) – 294 г/м<sup>2</sup>, Экада 70 (к-64547, Ульяновск, РФ) – 310 г/м<sup>2</sup> (стандарт ОмГАУ 90 – 173 г/м<sup>2</sup>) при НСР<sub>05</sub> = 40,2 г/м<sup>2</sup>. Наименьшую вариабельность урожайности имел образец Экада 70 – 19,8 %. Выявлена наиболее тесная сопряжённость между урожайностью и числом зёрен в колосе ( $r = 0,3702$ ), массой 1000 зёрен ( $r = 0,3769$ ) (порог достоверности  $R = 0,3323$ ). Масса зерна с колоса в значительной мере определяется массой 1000 зёрен ( $r = 0,9879$ ). Наибольшую ценность для селекционной работы имели образцы российского происхождения, выделившиеся по комплексу признаков – Сибирский Альянс, Лютеценс 105/4, Экада 70.*

**Ключевые слова:** элементы продуктивности, урожайность, количество зёрен в колосе, масса 1000 зёрен, масса зерна с колоса

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (тема № 0533-2021-0006).

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Пакуль В. Н. Изменчивость и связи хозяйственно ценных признаков яровой мягкой пшеницы в условиях северной лесостепи Западной Сибири. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(1):44-53. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.44-53>

Поступила: 28.10.2021

Принята к публикации: 03.02.2022

Опубликована онлайн: 25.02.2022

## Variability and relationships of agronomic traits of spring soft wheat in the conditions of the northern forest-steppe of Western Siberia

© 2022. Vera N. Pakul ✉

Kemerovo Research Institute of Agriculture – Branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation

*The purpose of the research is to study the variability and relationships of agronomic traits of spring soft wheat in the conditions of the northern forest-steppe of Western Siberia and to identify promising sources for use in the breeding process. Studies were carried out in 2018-2021. The objects of the research were 60 samples of spring soft wheat of various origin (Russia, Kazakhstan, Ukraine, China) from the collections of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources and Kemerovo Research Institute of Agriculture. Twenty-one samples of spring soft wheat with the growing period of 80-85 days have been identified. According to productivity the following samples have been selected: PM-83-17 (KP-072, Kemerovo, Russian Federation) – 236.0 g/m<sup>2</sup>, Lyutescents 5-17 (KP-073, Kemerovo, Russian Federation) – 240.0 g/m<sup>2</sup>, Omskaya 35 (k-64459, Omsk, Russian Federation) – 246 g/m<sup>2</sup>, Siberian Alliance (k-65242, Barnaul, Kemerovo, Russian Federation) – 252 g/m<sup>2</sup>, Lyutescents 105/4 (KP-071, Kemerovo, Russian Federation) – 294 g/m<sup>2</sup>, Ekada 70 (k-64547, Ulyanovsk, Russian Federation) – 310 g/m<sup>2</sup> (OMGAU 90 standard – 173 g/m<sup>2</sup>). The Ekada 70 sample had the lowest yield variability, 19.8 %. The closest conjugation between the yield and the number of grains in the ear was revealed ( $r = 0.3702$ ), the mass of 1000 grains ( $r = 0.3769$ ) (confidence threshold  $R = 0.3323$ ). The mass of grain per ear is largely determined by the mass of 1000 grains ( $r = 0.9879$ ). The most valuable for breeding work are samples of Russian origin distinguished by a complex of traits: Siberian Alliance, Lyutescents 105/4, Ekada 70.*

**Keywords:** elements of productivity, yield, number of grains per ear, mass of 1000 grains, mass of grain in the ear

*Acknowledgments:* the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences (theme No. 0533-2021-0006).

The author thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

*Conflict of interest:* the author stated no conflict of interest.

*For citations:* Pakul V. N. Variability and relationships of agronomic traits of spring soft wheat in the conditions of the northern forest-steppe of Western Siberia. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(1):44-53. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.44-53>

Received: 28.10.2021

Accepted for publication: 03.02.2022

Published online: 25.02.2022

Сорта – основа производства любой растениеводческой продукции. Новые сорта должны иметь высокую урожайность и экологическую устойчивость к стрессам, отзывчивость на фон минерального питания, возможность адаптироваться к новым ресурсосберегающим технологиям [1, 2].

Одним из основных способов создания сортов сельскохозяйственных культур до сих пор остается гибридизация с последующим отбором рекомбинантных генотипов с яркой выраженностью комплекса селекционно-ценных признаков. При создании новых сортов, адаптированных для Западной Сибири, используются образцы с высокой продуктивностью, качеством продукции и устойчивостью к стрессовым факторам из коллекции Всероссийского института растениеводства (ВИР) [3].

При оценке исходного материала значительное внимание уделяется урожайности, так как этот показатель является интегральным и характеризует продуктивность растений в конкретных условиях. Урожайность формируется из элементов продуктивности, которые определяют её потенциальные возможности, позволяют установить закономерности ее формирования. Определение вклада в урожайность отдельных элементов ее структуры имеет практическое значение в селекционных программах, так как они являются основными хозяйственно ценными признаками [4, 5].

При высокой выраженности хозяйственно ценных признаков исходный материал наиболее адаптирован к конкретным почвенно-климатическим условиям, что способствует созданию сортов с требуемыми параметрами [6, 7, 8].

Задача подбора исходного материала всегда была одной из центральных в селекции сельскохозяйственных культур. Успех в селекции зависит от наличия коллекционного материала с соответствующими ценными количественными признаками, что способствует расширению генетической основы создаваемых сортов. Генотипическое различие

сортов и изменение условий внешней среды оказывает значительное влияние на проявление количественных признаков в конкретных почвенно-климатических условиях [9, 10, 11].

В Западной Сибири из зерновых яровых культур яровая пшеница имеет наибольшее распространение [12]. В связи с этим исследования, направленные на изучение и подбор источников по селекционным ценным признакам яровой мягкой пшеницы, являются актуальными.

*Цель исследований* – изучить изменчивость и связи хозяйственно ценных признаков яровой мягкой пшеницы в условиях северной лесостепи Западной Сибири и выявить перспективные источники для использования в процессе селекции.

*Новизна исследований* – установлены взаимосвязи между хозяйственно ценными признаками яровой мягкой пшеницы, их изменчивость, выделены перспективные источники для создания новых высокопродуктивных сортов в условиях северной лесостепи Западной Сибири.

*Материал и методы.* Исследования проводили в 2018-2021 гг. в лаборатории селекции и агротехники полевых культур Кемеровского НИИСХ – филиала Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук. Объектами исследований являлись 60 образцов яровой мягкой пшеницы коллекции ВИР и Биоресурсной коллекции сельскохозяйственных растений Кемеровского НИИСХ – филиала СФНЦА РАН (ЦКП БРК). Образцы изучали в коллекционном питомнике в условиях северной лесостепи Западной Сибири. Посев проводили в одном повторении (1-й этап испытания), учетная площадь делянки 1 м<sup>2</sup>, норма высева (оптимальная для яровой мягкой пшеницы в зоне возделывания) – 600 шт/м<sup>2</sup>. Срок посева 30 апреля-3 мая, уборка вручную в фазу полной спелости образцов яровой мягкой пшеницы (10-16 августа). Закладку питомника, учёт урожая проводили в соответствии с мето-

дикой<sup>1</sup>, фенологические наблюдения за ростом и развитием яровой мягкой пшеницы – по методикам М. А. Федина, Ю. А. Роговского, Л. В. Исаева<sup>2</sup>. Полученные данные обрабатывали методами вариационного, корреляционного, дисперсионного анализов по методике Б. А. Доспехова с помощью компьютерных программ О. Д. Сорокина<sup>3</sup>.

Условия влагообеспеченности оценивали гидротермическим коэффициентом (ГТК)<sup>4</sup>. Май 2018 г. характеризовался пониженными температурами на фоне значительного количества осадков – 186 % от нормы.

Высокая влагообеспеченность присутствовала в первую половину вегетации яровой мягкой пшеницы, до периода налива зерна – ГТК = 1,92-2,41. В период созревания яровой мягкой пшеницы количество осадков значительно уменьшилось (ГТК = 0,42) при среднесуточных температурах на уровне среднеголетних показателей. Наиболее благоприятные условия в период вегетации для яровой мягкой пшеницы сложились в 2019 г. со среднесуточными температурами и количеством осадков на уровне среднеголетних показателей. ГТК в период «всходы-полное кущение» – 1,37, в период «кущение-колошение» – 1,12, в период «налива зерна» – 1,23. В период «посев-всходы» в 2020 г. отмечено переувлажнение (ГТК = 1,5) с превышением среднесуточных температур на 4 °С. От периода закладки генеративных органов до фазы «колошение» количество осадков значительно уменьшилось (33,0 % от нормы) (ГТК = 0,46). Налив зерна проходил при значительном количестве осадков ливневого характера (ГТК = 2,44).

Урожайность яровой пшеницы в значительной степени определяется гидротермическим режимом в первый период вегетации. В 2021 г. условия в первый период вегетации характеризовались понижением среднесуточной температуры в июне, значительным количеством осадков с периода кущения до колошения. Период созревания проходил при оптимальных условиях.

**Результаты и обсуждение.** Оценка источников по урожайности определяет способность генотипа формировать продуктивность и её элементы в условиях, для которых создаётся сорт [13].

<sup>1</sup>Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы. Л., 1973. 16 с.

<sup>2</sup>Федин М. А., Роговский Ю. А., Исаева Л. В. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: методические указания. М., 1985. 270 с.

<sup>3</sup>Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. 162 с.

<sup>4</sup>Агроклиматические ресурсы Кемеровской области. Л.: Гидрометеоздат, 1973. С.21.

В коллекционном питомнике из 60 образцов яровой мягкой пшеницы выделен 21 с вегетационным периодом 80-85 дней. Средняя урожайность за годы испытания варьировала от 143 до 310 г/м<sup>2</sup> (табл. 1).

Достоверное превышение урожайности к сорту-стандарту ОмГАУ-90 (РФ, Омск) имели образцы: ПМ-83-17 (КП-072, РФ, Кемерово) – 63,0 г/м<sup>2</sup>, Лютесценс 5-17 (КП-073, РФ, Кемерово) – 67,0 г/м<sup>2</sup>, Омская 35 (к-64459, РФ, Омск) – 73,0 г/м<sup>2</sup>, Сибирский Альянс (к-65242, РФ, Барнаул, Кемерово) – 79 г/м<sup>2</sup>, Лютесценс 105/4 (КП-071, РФ, Кемерово) – 121 г/м<sup>2</sup>, Экада 70 (к-64547, РФ, Ульяновск) – 137 г/м<sup>2</sup> (НСР<sub>05</sub> = 40,2 г/м<sup>2</sup>). Из выделившихся по урожайности образцов наименьшую изменчивость признака имели: Экада 70 (к-64547, РФ, Ульяновск), CV = 19,8 %; Лютесценс 105/4 (КП-071, РФ, Кемерово), CV = 26,4 %; Лютесценс 5-17 (КП-073, РФ, Кемерово), CV = 31,5 %. Максимальная урожайность за годы исследований отмечена у образца ПМ-83-17 (КП-072, РФ, Кемерово) – 411 г/м<sup>2</sup> при значительной вариабельности по годам (CV = 64,2 %).

Отмечено два образца, имеющих урожайность на уровне стандарта, формирование которой происходит наиболее стабильно по годам – Биора (к-64358, РФ, Москва) – 199 г/м<sup>2</sup> (CV = 13,8 %), Карабалыкская 98 (к-64702, Казахстан) – 192,0 г/м<sup>2</sup> (CV = 20,3 %).

По результатам дисперсионного анализа доля влияния фактора «среда» составила 55,5 %, фактора «генотип» – 5,8 %.

К определяющим признакам в формировании продуктивности яровой мягкой пшеницы относятся масса 1000 зёрен и число зёрен в колосе [14]. Масса 1000 зёрен – один из признаков, по которому сорта имеют достоверные и стабильные отличия в разных условиях возделывания [15].

Отмечено значительное влияние условий года при формировании массы зерновки – 67,8 %. Наиболее крупное зерно в коллекционном питомнике яровой мягкой пшеницы сформировали образцы: Витка (к-64558, Украина) – 36,7 г; Биора (к-64358, РФ, Москва) – 37,3 г; Сибирский Альянс (к-65242, РФ, Барнаул, Кемерово) – 37,7 г; Экада 70 (к-64547, РФ, Ульяновск) – 38,0 г; Алтайская 70 (КП-076, РФ, Барнаул) – 38,1 г; Long-94-4081 (к-64395, Китай) – 38,8 г (табл. 2).

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: РАСТЕНИЕВОДСТВО /  
ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: PLANT GROWING**

Таблица 1 – Вариабельность урожайности яровой мягкой пшеницы (2018-2021 гг.) /  
Table 1 – Variability in the yield of spring soft wheat (2018-2021)

№ образца	Название / Title	Происхождение / Origin	Параметр признака / Parameter of the trait		
			средняя урожайность, г/м <sup>2</sup> / average yield, g/m <sup>2</sup>	размер варьирования (min-max), г / size of variability (min-max), g	CV, %
5447	ОмГАУ-90, ст. / OmGAU-90, st.	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	173	112-213	31,0
КП-076 / КР-076	Алтайская 70 / Altajskaya 70	РФ, Барнаул / Russian Federation, Barnaul	172	109-210	31,9
65242	Сибирский Альянс / Siberian Alliance	РФ, Барнаул, Кемерово / Russian Federation, Barnaul, Kemerovo	252	160-394	49,8
КП-078/ КР-078	ПМ-82 / PM-82	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	177	80-305	65,3
КП-079/ КР-079	ПМ-80-11 / PM-80-11	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	188	84-319	63,9
КП-080/ КР-080	ПМ-81-11 / PM-81-11	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	143	116-188	27,4
64358	Биора / Biora	РФ, Москва / Russian Federation, Moscow	199	171-226	13,8
КП-089 / КР-089	Лютесценс 6-17 / Lyutescens 6-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	205	119-275	38,7
КП-071 / КР-071	Лютесценс 105/4 / Lyutescens 105/4	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	294	230-380	26,4
64702	Карабалыкская 98 / Karabalykская 98	Казахстан / Kazakhstan	192	149-225	20,3
КП-072 / КР-072	ПМ-83-17 / PM-83-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	236	145-411	64,2
КП-073 / КР-073	Лютесценс 5-17 / Lyutescens 5-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	240	170-320	31,5
64118	Омская 24 / Omskaya 24	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	170	89-294	63,7
64365	СКЭНТ-1 / SKENT-1	РФ, Тюмень / Russian Federation, Tyumen	190	54-277	62,8
64372	Удача / Udacha	РФ, Новосибирск / Russian Federation, Novosibirsk	143	90-234	55,1
64395	Long-94-4081	Китай / China	203	96-399	83,5
64459	Омская 35 / Omskaya 35	РФ Омск / Russian Federation, Omsk	246	131-350	44,7
64547	Экада 70 / Ekada 70	РФ, Ульяновск / Russian Federation, Ulyanovsk	310	240-354	19,8
64558	Вітка	Украина / Ukraine	204	35-325	74,0
64661	Алтайская 100 / Altajskaya 100	РФ, Барнаул / Russian Federation, Barnaul	178	99-242	40,8
64667	Омская 36 / Omskaya 36	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	158	69-289	73,3
Среднее по опыту / Average by the experiment			203	-	-
НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>			40,2	-	-

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: РАСТЕНИЕВОДСТВО / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: PLANT GROWING**

Таблица 2 – Изменчивость признака «масса 1000 зёрен» у яровой мягкой пшеницы (2018-2021 гг.) / Table 2 – The variability of the trait “the mass of 1000 grains” in spring soft wheat (2018-2021)

№ образца	Название / Title	Происхождение / Origin	Параметр признака / Parameter of the trait		
			средняя масса 1000 зёрен, г / average weight of 1000 grains, g	размер варьирования (min-max), г / size of variability (min-max), g	CV, %
65447	ОмГАУ-90, ст. / OmGAU-90, st.	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	31,5	28,8-33,6	7,77
КП-076 / КР-076	Алтайская 70 / Altajskaya 70	РФ, Барнаул / Russian Federation, Barnaul	38,1	29,7-46,9	22,6
65242	Сибирский Альянс / Siberian Alliance	РФ, Барнаул, Кемерово / Russian Federation, Barnaul, Kemerovo	37,7	30,0-41,6	17,7
КП-078 / КР-078	ПМ-82 / PM-82	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	36,2	31,4-39,6	11,8
КП-079 / КР-079	ПМ-80-11 / PM-80-11	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	36,3	31,0-43,0	16,8
КП-080 / КР-080	ПМ-81-11 / PM-81-11	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	36,5	33,4-39,8	8,78
64358	Биора / Biora	РФ, Москва / Russian Federation, Moscow	37,3	31,0-43,2	16,4
КП-089 / КР-089	Лютесценс 6-17 / Lyutescens 6-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	33,0	29,5-37,6	12,6
КП-071 / КР-071	Лютесценс 105/4 / Lyutescens 105/4	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	34,6	30,5-38,0	11,0
64702	Карабалыкская 98 / Karabalykская 98	Казахстан / Kazakhstan	34,2	24,8-38,9	23,7
КП-072 / КР-072	ПМ-83-17 / PM-83-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	36,4	31,6-40,1	11,9
КП-073 / КР-073	Лютесценс 5-17 / Lyutescens 5-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	33,6	30,0-38,6	13,3
64118	Омская 24 / Omskaya 24	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	33,8	31,6-37,8	10,3
64365	СКЭНТ-1 / SKENT-1	РФ, Тюмень / Russian Federation, Tyumen	35,3	25,6-40,4	23,9
64372	Удача / Udacha	РФ, Новосибирск / Russian Federation, Novosibirsk	34,1	28,0-37,8	15,6
64395	Long-94-4081	Китай / China	38,8	33,9-42,5	11,4
64459	Омская 35 / Omskaya 35	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	34,9	30,3-40,8	15,4
64547	Экада 70 / Ekada 70	РФ, Ульяновск / Russian Federation, Ulyanovsk	38,0	31,0-45,6	19,3
64558	Вітка	Украина / Ukraine	36,7	29,6-43,0	18,4
64661	Алтайская 100 / Altajskaya 100	РФ, Барнаул / Russian Federation, Barnaul	35,6	31,3-39,0	11,1
64667	Омская 36 / Omskaya 36	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	35,4	31,3-38,8	10,7
Среднее по опыту / Average by the experiment			35,6	-	-
НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>			5,18	-	-

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: РАСТЕНИЕВОДСТВО /  
ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: PLANT GROWING**

Таблица 3 – Изменчивость признака «количество зёрен в колосе» у яровой мягкой пшеницы (2018-2021 гг.) /  
Table 3 – The variability of the trait “the number of grains per ear” in spring soft wheat (2018-2021)

№ образца	Название / Title	Происхождение / Origin	Параметр признака / Parameter of the trait		
			среднее количе- ство зёрен в колосе, шт. / average number of grains per ear, pcs.	размер варьи- рования (min-max), шт. / size of varia- bility (min-max), pcs	CV, %
65447	ОмГАУ-90, ст. / OmGAU-90, st.	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	31,5	25,8-34,6	15,8
КП-076 / КР-076	Алтайская 70 / Altajskaya 70	РФ, Барнаул / Russian Federation, Barnaul	30,9	26,9-36,1	15,3
65242	Сибирский Альянс / Siberian Alliance	РФ, Барнаул, Кемерово / Russian Federation, Barnaul, Kemerovo	35,7	29,8-38,7	14,2
КП-078 / КР-078	ПМ-82 / PM-82	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	36,3	31,6-42,4	15,2
КП-079 / КР-079	ПМ-80-11/ PM-80-11	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	40,9	37,1-44,4	8,95
КП-080 / КР-080	ПМ-81-11 / PM-81-11	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	34,1	28,9-42,3	21,0
64358	Биора / Biora	РФ, Москва / Russian Federation, Moscow	37,9	32,0-41,7	13,7
КП-089 / КР-089	Лютесценс 6-17 / Lyutescens 6-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	37,7	34,2-41,6	9,84
КП-071 / КР-071	Лютесценс 105/4 / Lyutescens 105/4	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	38,2	34,6-40,5	8,27
64702	Карабалыкская 98 / Karabalykskaya 98	Казахстан / Kazakhstan	37,1	35,9-38,9	4,28
КП-072 / КР-072	ПМ-83-17 / PM-83-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	34,5	29,1-40,0	15,8
КП-073 / КР-073	Лютесценс 5-17 / Lyutescens 5-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	31,6	28,5-37,2	15,5
64118	Омская 24 / Omskaya 24	РФ Омск / Russian Federation, Omsk	34,4	33,7-35,4	2,64
64365	СКЭНТ-1 / SKENT-1	РФ, Тюмень / Russian Federation, Tyumen	34,2	29,4-39,5	14,8
64372	Удача / Uдача	РФ, Новосибирск / Russian Federation, Novosibirsk	27,7	27,5-28,0	0,91
64395	Long-94-4081	Китай / China	30,4	26,1-32,9	12,3
64459	Омская 35 / Omskaya 35	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	37,3	36,1-38,0	2,80
64547	Экада 70 / Ekada 70	РФ, Ульяновск / Russian Federation, Ulyanovsk	31,0	29,6-32,4	4,52
64558	Вітка	Украина / Ukraine	36,2	31,7-41,6	13,8
64661	Алтайская 100 / Altajskaya 100	РФ, Барнаул / Russian Federation, Barnaul	34,6	32,0-36,1	6,60
64667	Омская 36 / Omskaya 36	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	27,6	26,5-29,7	6,49
Среднее по опыту / Average by the experiment			34,3	-	-
НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>			6,45	-	-

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: РАСТЕНИЕВОДСТВО / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: PLANT GROWING**

Таблица 4 – Изменчивость признака «продуктивность колоса» у яровой мягкой пшеницы (2018-2021 гг.) / Table 4 – The variability of the trait “the productivity of the ear” in spring soft wheat (2018-2021)

№ образца	Название / Title	Происхождение / Origin	Параметр признака / Parameter of the trait		
			средняя продуктивность, г / average productivity, g	размер варьирования (min-max), г / size of variability (min-max), g	CV, %
65447	ОмГАУ-90 ст. / OmGAU-90, st.	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	0,99	0,82-1,16	17,2
КП-076 / КР-076	Алтайская 70 / Altajskaya 70.	РФ, Барнаул / Russian Federation, Barnaul	1,20	0,80-1,69	37,5
65242	Сибирский Альянс / Siberian Alliance	РФ, Барнаул, Кемерово / Russian Federation, Barnaul, Kemerovo	1,37	0,89-1,61	30,2
КП-078 / КР-078	ПМ-82 / PM-82	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	1,32	1,09-1,68	23,9
КП-079 / КР-079	ПМ-80-11 / PM-80-11	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	1,47	1,28-1,59	11,4
КП-080 / КР-080	ПМ-81-11 / PM-81-11	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	1,26	1,04-1,68	29,2
64358	Биора / Biora	РФ, Москва / Russian Federation, Moscow	1,43	0,99-1,80	28,6
КП-089 / КР-089	Лютесценс 6-17 / Lyutescens 6-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	1,25	1,09-1,56	21,5
КП-071 / КР-071	Лютесценс 105/4 / Lyutescens 105/4	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	1,33	1,05-1,54	18,9
64702	Карабалькская 98 / Karabalykская 98	Казахстан / Kazakhstan	1,27	0,90-1,51	25,5
КП-072 / КР-072	ПМ-83-17 / PM-83-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	1,25	1,09-1,50	17,3
КП-073 / КР-073	Лютесценс 5-17 / Lyutescens 5-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	1,06	0,87-1,20	16,0
64118	Омская 24 / Omskaya 24	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	1,16	1,07-1,34	13,2
64365	СКЭНТ-1 / SKENT-1	РФ, Тюмень / Russian Federation, Tyumen	1,23	0,75-1,58	35,0
64372	Удача / Udacha	РФ, Новосибирск / Russian Federation, Novosibirsk	0,94	0,78-1,05	15,2
64395	Long-94-4081	Китай / China	1,18	1,04-1,40	16,6
64459	Омская 35 / Omskaya 35	РФ Омск / Russian Federation, Omsk	1,30	1,09-1,54	17,3
64547	Экада 70 / Ekada 70	РФ, Ульяновск / Russian Federation, Ulyanovsk	1,18	0,96-1,48	22,8
64558	Вітка	Украина / Ukraine	1,35	0,94-1,79	31,5
64661	Алтайская 100 / Altajskaya 100	РФ, Барнаул / Russian Federation, Barnaul	1,24	1,00-1,40	17,1
64667	Омская 36 / Omskaya 36	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	0,98	0,83-1,07	13,2
Среднее по опыту / Average by the experiment			1,23	-	-
НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>			0,34	-	-

Изменчивость признака «масса 1000 зёрен» у выделившихся образцов составила от 11,4 до 22,6 %, наименьшую вариабельность имеет образец Long-94-4083 (к-64395, Китай).

По признаку «количество зёрен в колосе» выделено три образца, имеющих показатели, достоверно превышающие стандарт: Биора (к-64358, РФ, Москва) – 37,9 шт.; Лютесценс 105/4 (КП-071, РФ, Кемерово) – 38,2 шт.; ПМ-80-11 (КП-079, РФ, Кемерово) – 40,9 шт.; сорт-стандарт ОмГАУ-90 – 31,5 шт. (табл. 3).

Изменчивость признака «количество зёрен в колосе» по коллекционному питомнику яровой мягкой пшеницы не превышает 15,8 %, у образцов с наибольшей озёрнёностью колоса (Биора, Лютесценс 105/4, ПМ-80-11) вариабельность составила 8,27-13,7 %. Установлено значительное влияние генотипа в формировании количества зёрен в колосе – 30,7 %, условия среды – 6,0 %.

Высокая озёрнёность колоса у образцов Биора (к-64358, РФ, Москва) и ПМ-80-11 (КП-079, РФ, Кемерово) определили максимальную продуктивность колоса по питомнику – 1,43 и 1,47 г соответственно (табл. 4).

Фактор «год» внёс значительное влияние в изменчивость продуктивности колоса – 46,3 %, доля влияния генотипа составила 6,6 %. При достаточной влагообеспеченности в период налива зерна продуктивность колоса яровой мягкой пшеницы возрастает.

Максимальные показатели по признаку «масса зерна с колоса» при среднем показателе по питомнику 1,41 г получены в 2020 г. у образцов: ПМ-83-17 (КП-072, РФ, Кемерово)

– 1,50 г; Биора (к-64358, РФ, Москва) – 1,51 г; Лютесценс 105/4 (КП-071, РФ, Кемерово), Омская 35 (к-64459, РФ, Омск) – 1,54 г; Лютесценс 6-17 (КП-089, РФ, Кемерово) – 1,56 г; ПМ-80-11 (КП-079, РФ, Кемерово) – 1,59 г; Сибирский Альянс (к-65242, РФ, Барнаул, Кемерово) – 1,61 г; ПМ-81-11 (КП-080, РФ, Кемерово) – 1,68 г; Алтайская 70 (КП-076, РФ, Барнаул) – 1,69 г; Vitka (к-64558, Украина) – 1,79 г.

Наиболее стабильную продуктивность колоса в среднем за годы исследований (2018-2021 гг.) сформировал образец ПМ-80-11 (КП-079, РФ, Кемерово): изменчивость признака составила 11,4 %, при продуктивности 1,47 г. Сорта Биора (к-64358, РФ, Москва) и Сибирский Альянс (к-65242, РФ, Барнаул, Кемерово) при продуктивности колоса 1,37 г имели высокую вариабельность признака – 28,6 и 30,2 % соответственно.

В 2018 году максимально высокую массу зерна с колоса имел сорт Биора (к-64358, РФ Москва) – 1,80 г, при среднем показателе по питомнику 1,28 г.

Проведение корреляционного анализа позволило выявить взаимосвязи между урожайностью яровой мягкой пшеницы и хозяйственно ценными признаками: «число зёрен в колосе», «масса 1000 зёрен», «масса зерна с колоса».

Выявлена наиболее тесная сопряжённость между массой зерна с единицы площади и числом зёрен в колосе ( $r = 0,3702$ ), массой 1000 зёрен ( $r = 0,3769$ ) (порог достоверности  $R = 0,3323$ ,  $n = 21$ ) (табл. 5).

*Таблица 5 – Коэффициенты корреляции (r) между урожайностью и морфометрическими показателями элементов продуктивности яровой мягкой пшеницы (2018-2021 гг.) /*

*Table 5 – Correlation coefficients (r) between the yield and morphometric indices of spring soft wheat productivity elements (2018-2021)*

<i>Признак / Trait</i>	<i>Масса зерна с единицы площади, г/м<sup>2</sup> / Grain mass per unit area, g/m<sup>2</sup></i>	<i>Число зерен в колосе, шт. / Number of grains in the ear, pcs.</i>	<i>Масса 1000 зерен, г / Mass of 1000 grains, g</i>	<i>Масса зерна с колоса, г / Mass of grain in the ear, g</i>
Масса зерна с единицы площади, г/м <sup>2</sup> / Grain mass per unit area, g/m <sup>2</sup>	1,000	0,3702*	0,3769*	0,2899
Число зерен в колосе, шт. / Number of grains in the ear, pcs.,	0,3702*	1,000	-0,9856*	0,9967*
Масса 1000 зерен, г / Mass of 1000 grains, g	0,3769*	-0,9856*	1,000	0,9879*
Масса зерна с колоса, г / Mass of grain in the ear, g	0,2899	0,9967*	0,9879*	1,000

\* Здесь и далее по тексту: выше порога достоверности,  $r$  на уровне 5 % / Hereinafter, above the confidence threshold,  $r$  at 5 % level

Присутствует положительная взаимосвязь между урожайностью и массой зерна с колоса ( $r = 0,2899$ ). Масса зерна с колоса в значительной мере определяется массой 1000 зёрен ( $r = 0,9879$ ).

**Заключение.** В результате проведённых исследований у образцов яровой мягкой пшеницы выявлены изменчивость признаков «урожайность», «масса 1000 зёрен», «количество зёрен в колосе», «продуктивность колоса»

и корреляционные взаимосвязи между ними. Выделены источники по комплексу хозяйственно ценных признаков для дальнейшего использования в селекционном процессе при создании новых высокоадаптивных сортов яровой мягкой пшеницы для условий Западной Сибири: Сибирский Альянс (к-65242, РФ, Барнаул, Кемерово); Лютесценс 105/4 (КП-071, РФ, Кемерово); Экада 70 (к-64547, РФ Ульяновск).

#### Список литературы

1. Mergoum M., Singh P. K., Anderson J. A., Peca R. J., Singh R. P., Xu S. S., Ransom J. K. Springwheat breeding. In: Cereals. Handbook of Plant Breeding. M. Carena (ed.). Springer, NY. 2009. Vol. 3. pp. 127-156. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-0-387-72297-9\\_3](https://doi.org/10.1007/978-0-387-72297-9_3)
2. Сыздыкова Г. Т., Середя С. Г., Малицкая Н. В. Подбор сортов яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по адаптивности к условиям степной зоны Акмолинской области Казахстана. Сельскохозяйственная биология. 2018;53(1):103-110. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.1.103rus>
3. Лихенко И. Е., Артёмов Г. В., Степочкин П. И., Сотник А. Я., Гринберг Е. Г. Генофонд и селекция сельскохозяйственных растений. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014;(5):35-41. Режим доступа: <https://sibvest.elpub.ru/jour/article/view/110/111>
4. Шаманин В. П., Петуховский С. Л., Краснова Ю. С. Кластерный анализ сортов мягкой яровой пшеницы по элементам структуры урожая в южной лесостепи Западной Сибири. Вестник КрасГАУ. 2016;(4):147-152. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25828451>
5. Захарова Н. Н., Захаров Н. Г., Остин В. Н. Элементы продуктивности главного колоса озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Аграрный научный журнал. 2019;(4):10-15. DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i4pp10-15>
6. Tadesse W., Amri A., Ogbonnaya F. C., Sanchez-Garcia M., Sohail Q., Baum M. Wheat. In: Genetic and Genomic Resources for Grain Cereals Improvement. Elsevier Inc. 2016;(2):81-124. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802000-5.00002-2>
7. Wessels E., Botes W. C. Accelerating resistance breeding in wheat by integrating marker-assisted selection and doubled haploid technology. S. Afr. J. Plant Soil. 2014;31(1):35-43. DOI: <https://doi.org/10.1080/02571862.2014.903434>
8. Randhawa H. S., Graf R. J., Pozniak C., Clarke J. M., Asif M., Hucl P., Spaner D., Fox S. L., Humphreys D. G., Knox R. E., Depauw R. M., Singh A. K., Cuthbert R. D. Application of molecular markers to wheat breeding in Canada. Plant Breed. 2013;132(5):458-471. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbr.12057>
9. Friedrich C., Longin H., Reif J. C. Redesigning the exploitation of wheat genetic resources. Trends Plant Sci. 2014;19(10):631-636. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2014.06.012>
10. Addison Ch. K., Mason R. E., Brown-Guedira G., Guedira M., Hao Yu., Miller R. G., Subramanian N., Lozada D. N., Acuna A., Arguello M. N., Johnson J. W., Sutton A. M., Harrison S. A. QTL and major genes influencing grain yield potential in soft red winter wheat adapted to the southern United States. Euphytica. 2016;(209):665-677. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-016-1650-1>
11. Хотылёва Л. В., Кильчевский А. В., Шаптуренко М. Н. Теоретические аспекты гетерозиса. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016;20(4):482-492. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ16.174>
12. Новохатин В. В. Обоснование генетического потенциала у интенсивных сортов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). Сельскохозяйственная биология. 2016;51(5):627-635. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.627rus>
13. Пискарев В. В., Зуев Е. В., Брыкова А. Н. Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Новосибирской области. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018;22(7):784-794. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.422>
14. Афонников Д. А., Генаев М. А., Дорошков А. В., Комышев Е. Г., Пшеничникова Т. А. Методы высокопроизводительного фенотипирования растений для массовых селекционно-генетических экспериментов. Генетика. 2016;52(7):788-803. DOI: <https://doi.org/10.7868/S001667581607002X>
15. Лепехов С. Б. Некоторые принципы селекции яровой мягкой пшеницы на засухоустойчивость и урожайность в Алтайском крае. Барнаул: ФГБНУ Алтайский НИИСХ, 2015. 149 с. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008276816>

#### References

1. Mergoum M., Singh P. K., Anderson J. A., Peca R. J., Singh R. P., Xu S. S., Ransom J. K. Springwheat breeding. In: Cereals. Handbook of Plant Breeding. M. Carena (ed.). Springer, NY. 2009. Vol. 3. pp. 127-156. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-0-387-72297-9\\_3](https://doi.org/10.1007/978-0-387-72297-9_3)
2. Syzdykova G. T., Sereda S. G., Malitskaya N. V. *Podbor sortov yarovoy myagkoy pshenitsy (Triticum aestivum L.) po adaptivnosti k usloviyam stepnoy zony Akmolinskoy oblasti Kazakhstana.* [Selection of spring soft wheat (*Triticum*

*aestivum* L.) varieties for the adaptability in the conditions of steppe zone of the Akmolinsk region, Kazakhstan]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2018;53(1):103-110. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.1.103rus>

3. Likhenko I. E., Artemova G. V., Stepochkin P. I., Sotnik A. Ya., Grinberg E. G. *Genofond i selektsiya sel'skokhozyaystvennykh rasteniy*. [Gene pool and breeding of agricultural plants]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2014;(5):35-41. (In Russ.).

URL: <https://sibvest.elpub.ru/jour/article/view/110/111>

4. Shamanin V. P., Petukhovskiy S. L., Krasnova Yu. S. *Klasternyy analiz sortov myagkoy yarovoy pshenitsy po elementam struktury urozhaya v yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri*. [The cluster analysis of grades of the soft spring-sown wheat on elements of the crop structure in the southern forest-steppe of Western Siberia]. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2016;(4):147-152. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25828451>

5. Zakharova N. N., Zakharov N. G., Ostin V. N. *Elementy produktivnosti glavnogo kolosa ozimoy myagkoy pshe-nitsy v usloviyakh lesostepi Srednego Povolzh'ya*. [The productivity elements of the main ear of soft winter wheat in the conditions of the forest-steppe of the middle Volga region]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal*. 2019;(4):10-15. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i4pp10-15>

6. Tadesse W., Amri A., Ogbonnaya F. C., Sanchez-Garcia M., Sohail Q., Baum M. Wheat. In: *Genetic and Genomic Resources for Grain Cereals Improvement*. Elsevier Inc. 2016;(2):81-124.

DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802000-5.00002-2>

7. Wessels E., Botes W. C. Accelerating resistance breeding in wheat byintegrating marker-assisted selection and doubled haploid technology. *S. Afr. J. Plant Soil*. 2014;31(1):35-43. DOI: <https://doi.org/10.1080/02571862.2014.903434>

8. Randhawa H. S., Graf R. J., Pozniak C., Clarke J. M., Asif M., Hucl P., Spaner D., Fox S. L., Humphreys D. G., Knox R. E., Depauw R. M., Singh A. K., Cuthbert R. D. Application of molecular markers towheat breeding in Canada. *Plant Breed*. 2013;132(5):458-471. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbr.12057>

9. Friedrich C., Longin H., Reif J. C. Redesigning the exploitation of wheat genetic resources. *Trends Plant Sci*. 2014;19(10):631-636. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2014.06.012>

10. Addison Ch. K., Mason R. E., Brown-Guedira G., Guedira M., Hao Yu., Miller R. G., Subramanian N., Lozada D. N., Acuna A., Arguello M. N., Johnson J. W., Sutton A. M., Harrison S. A. QTL and major genes influencing grain yield potential in soft red winter wheat adapted to the southern United States. *Euphytica*. 2016;(209):665-677. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-016-1650-1>

11. Khotyleva L. V., Kilchevskiy A. V., Shapturenko M. N. *Teoreticheskie aspekty geterozisa*. [Theoretical aspects of heterosis]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016;20(4):482-492. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ16.174>

12. Novokhatin V. V. *Obosnovanie geneticheskogo potentsiala u intensivnykh sortov myagkoy pshenitsy (Triticum aestivum L.)*. [The theoretical justification of intensive genetic potential of the varieties of soft wheat]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2016;51(5):627-635. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.627rus>

13. Piskarev V. V., Zuev E. V., Brykova A. N. *Iskhodnyy material dlya selektsii yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh Novosibirskoy oblasti*. [Sources for the breeding of soft spring wheat in the conditions of Novosibirsk region]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(7):784-794. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.422>

14. Afonnikov D. A., Genaev M. A., Doroshkov A. V., Komyshev E. G., Pshenichnikova T. A. *Metody vysokoproizvoditel'nogo fenotipirovaniya rasteniy dlya massovykh selektsionno-geneticheskikh eksperimentov*. [Methods of high-throughput plant phenotyping for large-scale breeding and genetic experiments]. *Genetika = Russian Journal of Genetics*. 2016;52(7):788-803. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.7868/S001667581607002X>

15. Lepekhov S. B. *Nekotorye printsipy selektsii yarovoy myagkoy pshenitsy na zasukhoustoychivost' i urozhaynost' v Altayskom krae*. [Some principles of spring soft wheat breeding for drought resistance and yield in the Altai Territory]. Barnaul: *FGBNU Altayskiy NIISKh*, 2015. 149 p. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008276816>

#### **Сведения об авторе**

✉ Пакуль Вера Никоноровна, доктор с.-х. наук, заместитель директора по научной работе, Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, ул. Центральная, д. 47, п. Новостройка, Кемеровский район, Кемеровская область, Российская Федерация, 650510, e-mail: [kemniish@mail.ru](mailto:kemniish@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0681-6273>, e-mail: [vpakyl@mail.ru](mailto:vpakyl@mail.ru)

#### **Information about the author**

✉ Vera N. Pakul, DSc in Agricultural Science, Deputy Director for Scientific Work, Kemerovo Research Institute of Agriculture – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Tsentralnaya street, 47, s. Novostroika, Kemerovo district, Kemerovo region, Russian Federation, 650510, e-mail: [kemniish@mail.ru](mailto:kemniish@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0681-6273>, e-mail: [vpakyl@mail.ru](mailto:vpakyl@mail.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author