

## ГЕКСАПЛОИДНЫЕ СИНТЕТИКИ ПШЕНИЦЫ КАК ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ

**Б.В. Романов**<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории селекции и генетики культурных растений, triticumrbw@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0701-1584;

**К.И. Пимонов**<sup>2</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства и садоводства, konst.pimonov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0726-2583;

**И.Ю. Сорокина**<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства и садоводства, irin.sorockina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-6892-9308

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»,

346735, Ростовская область, Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская 1;

e-mail: dzni@mail.ru;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской ГАУ»,

346493, Ростовская область, Октябрьский район, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова 24;

e-mail: dongau@mail.ru

Для успешного развития селекции пшеницы в России необходим генетически разнообразный исходный материал, собранный в коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР), в том числе образцы синтетической гексаплоидной пшеницы (СГП), созданные в CIMMYT путем скрещивания *Triticum durum* A<sup>4</sup>B с *Aegilops tauschii* D. В настоящей работе представлены результаты исследования таких гексаплоидных искусственно созданных синтетиков. Цель исследований – сравнить продукционные показатели гексаплоидных синтетиков и их макромутантных форм с сортообразцами мягкой пшеницы и оценить как исходный селекционный материал. Растения выращивали на черноземе обыкновенном в полевых условиях в коллекции видов пшеницы ФГБНУ ФРАНЦ. Показано, что в процессе выращивания у созданных гексаплоидных синтетиков продолжают происходить макромутационные фенотипические преобразования. Так, в сезоне 2019/2020 сельскохозяйственного года у образца k-65488 выявлены макромутантные формы, практически идентичные безостой мягкой пшенице. Близкое фенотипическое сходство макромутантов предполагает более легкое и результативное их скрещивание с существующими сортами мягкой пшеницы. Установлено, что по своим продукционным признакам выщепившиеся макромутанты оказались вполне на уровне, а синтетик k-65509 даже превзошел сравниваемые сорта мягкой пшеницы – Безостая 1 и Мироновская 808. Однако колосковые чешуйки у выщепившихся макромутантных форм, несмотря на их феноменальное сходство с представителями *Triticum aestivum* L., все же остаются достаточно жесткими, что затрудняет обмолот. Учитывая продукционные показатели синтетиков, которые определяются, в основном, вкладом высокопродуктивной твердой пшеницы, можно считать их, и особенно выщепившиеся макромутантные формы, весьма перспективным исходным материалом для улучшения современных сортообразцов мягкой пшеницы при помощи гибридизации.

**Ключевые слова:** исходный материал, синтетическая гексаплоидная пшеница, образцы мягкой пшеницы, макромутантные формы, продукционные признаки.

**Для цитирования:** Романов Б.В., Пимонов К.И., Сорокина И.Ю. Гексаплоидные синтетики пшеницы как исходный материал // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. № 2. С. 12–16. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-12-16.



## WHEAT HEXAPLOID SYNTHETIC SAMPLES AS AN INITIAL MATERIAL

**B.V. Romanov**<sup>1</sup>, Candidate of Biological Sciences, docent, senior researcher of the laboratory for plant breeding and genetics, triticumrbw@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0701-1584;

**K.I. Pimonov**<sup>2</sup>, professor of the department of plant breeding and horticulture, professor of the department of plant breeding and horticulture, konst.pimonov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0726-2583;

**I.Yu. Sorokina**<sup>2</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the department of plant breeding and horticulture, irin.sorockina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-6892-9308

<sup>1</sup>Federal Rostov Agricultural Research Center,

346735, Rostov region, Aksay district, v. of Rassvet, Institutskaya Str., 1; e-mail: dzni@mail.ru

<sup>2</sup>Donskoy State Agricultural University,

346493, Rostov region, Oktyabrsky district, v. Persianovsky, Krivoslykov Str., 24, e-mail: dongau@mail.ru

For the successful development of wheat breeding in Russia, there is a great need in a genetically diverse initial material, presented the collection of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov (VIR), including samples of synthetic hexaploid wheat (SHW) developed at CIMMYT by crossing *Triticum durum* A<sup>4</sup>B с *Aegilops tauschii* D. The current paper has presented the study results of such artificially developed hexaploid synthetic samples. The purpose of the current study was to compare the production indicators of hexaploid synthetic samples and their macromutant forms with bread wheat varieties and to evaluate them as an initial breeding material. The plants were grown in ordinary blackearth (chernozem) on the fields of the FSBSI FRARC. There has been shown that macromutational phenotypic transformations continue to occur in the developed hexaploid synthetic samples during the vegetation period. In the agricultural year of 2019/2020, in the sample 'k-65488' there were identified macromu-

tant forms almost identical to awnless bread wheat. The close phenotypic similarity of macromutants has suggested their easier and more effective crossing with existing bread wheat varieties. There has been found that according to their production characteristics, the identified macromutants turned out to be quite identical, and the synthetic sample 'k-65509' even surpassed the comparable bread wheat varieties 'Bezostaya 1' and 'Mironovskaya 808'. However, spikelet scales in the identified macromutant forms, despite their phenomenal similarity with the representatives of *Triticum aestivum* L., still remain quite hard, which makes threshing difficult. Taking into consideration the production indicators of synthetic samples, which are mainly determined by the contribution of highly productive durum wheat, we can consider them and, especially, the identified macromutant forms, as a very promising initial material to improve the present bread wheat variety samples using hybridization.

**Keywords:** initial material, synthetic hexaploid wheat, bread wheat samples, macromutant forms, production characteristics.

**Введение.** Зерно пшеницы на Дону, его урожайность и качество – важнейший источник доходов производителей (Копусь и др., 2018). Вместе с тем в связи с нарастанием аридности климата большое внимание уделяется адаптивности вновь создаваемых сортов к засушливым условиям (Чернова и др., 2020). Поэтому для успешного развития селекции пшеницы в России необходим генетически разнообразный исходный материал, в основном сохраняемый в коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР), в том числе образцы синтетической гексаплоидной пшеницы (СГП), созданные в СИММУТ путем скрещивания *Triticum durum* A<sup>4</sup>B с *Aegilops tauschii* D (Хакимова и др., 2019). Синтетическая биология – быстро развивающаяся отрасль науки, нацеленная на создание биологических систем с предсказанными свойствами. При этом она использует достижения современной биологии, программирования и компьютерного моделирования, а также инженерной отрасли для создания биологических объектов, обладающих набором заранее заданных пользовательских свойств (Шевелев и Пышный, 2018). С этой позиции гексаплоидные синтетики пшеницы как исходный материал представляют значительный интерес для практической селекции.

Цель настоящих исследований – сравнить продукционные показатели гексаплоидных синтетиков пшеницы и их макромутантных форм с сортообразцами мягкой пшеницы и оценить как исходный селекционный материал.

**Материалы и методы исследований.** В коллекции видов пшеницы ФГБНУ ФРАНЦ (Федеральный Ростовский аграрный научный центр) гексаплоидные синтетики были получены относительно недавно, характеристики их представлены на сайте Агропромышленного портала (Коллекция видов пшеницы). В качестве объектов исследования на первом этапе были посеяны 10 гексаплоидных синтетиков, полученных из коллекции ВИР (Санкт-Петербург). Растения синтетиков и сортообразцов мягкой пшеницы выращивали одновременно и в одинаковых полевых условиях на черноземе обыкновенном. В фазу полной спелости отбирали по 15 растений и проводили структурный анализ. Статистическую обработку данных прово-

дили по Б.А. Доспехову (1985) с использованием стандартных компьютерных программ Statistica 6,0 и Microsoft Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Большинство образцов синтетиков внешне (фенотипически) благодаря своему геномному составу A<sup>4</sup>BD напоминали формы, близкие сортообразцам мягкой пшеницы *T. aestivum* A<sup>4</sup>BD. Однако практически все синтетики характеризовались жесткими, толстыми и грубыми колосковыми чешуйками, из-за чего обладали трудным обмолотом. Зерновки у них очень походили на семена мягкой пшеницы, и у некоторых образцов отмечалась высокая стекловидность, что косвенно подтверждает достаточно хорошее их качество. Культивирование гексаплоидных синтетиков показало нестабильность некоторых образцов. По крайней мере, в сезоне 2019/2020 сельскохозяйственного года у синтетика k-65488 были обнаружены формы, мало отличимые фенотипически от безостой мягкой пшеницы (см. рисунок). Как видно, исходный синтетик, хотя и близок к остистой мягкой пшенице, но все же отличается от ее представителей. Он скорее занимает промежуточное положение между спельтоидной формой и настоящей остистой мягкой пшеницей, тогда как безостые мутанты практически ничем не отличались от истинных безостых представителей *T. aestivum* L. В этой связи можно отметить, что полученный нами гомолог мягкой пшеницы из спельтоидного *T. kiharae* AbGD также был похож фенотипически и на мягкую пшеницу, и на исходный синтетик (Романов и Пимонов, 2018; Романов и Пимонов, 2020). Что характерно, в дальнейшем из гомолога, похожего на рассматриваемый исходный синтетик k-65488, также выщепилась безостая форма, феноменально напоминающая мягкую пшеницу, и селекционная работа с ней в настоящее время продолжается.

Колоски и зерновки у выщепившихся из синтетика макромутантов внешне аналогичны таковым сортообразцам мягкой пшеницы. Однако характерная особенность этих макромутантных форм заключается в том, что колосья у них, так же как и у исходной формы, весьма жесткие. Поэтому, несмотря на внешнее сходство с безостой мягкой пшеницей, зерно у них очень трудно вымолачивается, что испытано нами при ручном обмолоте.



Синтетическая гексаплоидная исходная форма k-65488-2 и макромутанты из нее: темноколосый – 1, светлоколосый – 3  
 Synthetic hexaploid initial form 'k-65488-2' and its macromutants: dark-headed – 1, light-headed – 3

Можно отметить определенный закономерный характер преобразований как гексаплоидного синтетика k-65488 (A<sup>u</sup>BD), так и гексаплоидного *T. kiharae* (AbGD). То есть выщепление у первого в конечном итоге макромутантных форм «мягкой пшеницы», а у второго – так называемого полного гомолога мягкой пшеницы (по сути той же «мягкой пшеницы»). Очевидно, вовлечение этих макромутантных форм в гибридационный процесс будет более эффективным ввиду их фенотипической близости к мягкой пшенице. Во всяком случае, при скрещивании гомолога с представителями *T. aestivum* завязываемость была достаточно хорошей, и получено многочисленное потомство, с которым ведется селекционная работа. Вместе с тем надо учитывать, что синтетики созданы на базе гибридизации твердой пшеницы с *Ae. tauschii*, тогда как принято считать, что истинная мягкая пшеница получена при гибридизации тетраплоидной *T. persicum* A<sup>u</sup>B с источником генома D – *Ae. tauschii* (Пшеницы мира: видовой состав, достижения селекции, современные проблемы и исходный материал, 1987). Поскольку представители *T. durum* A<sup>u</sup>B превосходят по продукционным признакам персидскую пшеницу A<sup>u</sup>B, то полученные на их базе гексаплоидные мутантные формы «A<sup>u</sup>BD» представляют определенный интерес как исходный материал для селекционного улучшения настоящих современных сортов *T. aestivum* A<sup>u</sup>BD.

Продукционные характеристики синтетиков, их макромутантных форм и стародавних сортов мягкой пшеницы представлены в таблице. Если рассмотреть синтетик k-65488 и выщепившиеся из него макромутанты, то можно отметить тенденцию к увеличению у последних продукционных признаков. Так, у них несколько возрастает, хотя и недостоверно, количество зерен: 53,8 и 55,8 против 49,8 у исходной формы. Отмечается тенденция по увеличению крупности (от 40,6 г у исходного синтетика до 44,1 г у темноколосой мутантной формы) и массы зерна с колоса по сравнению с исходной формой.

В то же время эти выделенные макромутантные формы существенно уступают известному стародавнему сортообразцу Безостая 1 по такому важному селекционному показателю, как масса зерна с колоса, но превосходят сортообразец Мироновская 808. С другой стороны, в таблице представлен гексаплоидный синтетик k-65509, который значительно превышает показатели Мироновской 808 и Безостой 1 по числу зерновок (70,3 шт.) и по массе зерна с колоса (3,21 г). Он так же, как и синтетик k-65488 (14,5 см), выделялся своим очень крупным колосом – 16,5 см, против 12,1 и 13,1 см у стародавних сортов мягкой пшеницы и мутантных форм 11,8 и 13,5 см, соответственно.

**Продукционные характеристики синтетиков, их макромутантных форм и стародавних сортов мягкой пшеницы**  
**Production characteristics of synthetic samples, their macromutant forms and former bread wheat varieties**

Генотип	Длина колоса, см	Количество, шт.		Масса 1000 зерен, г	Вес зерен с колоса, г
		колосков	зерен		
Синтетик k-65488 исходный	14,5	17,6	49,8	40,6	2,02
Мутант № 1 из k-65488	13,5	20,1	52,8	44,1	2,33
Мутант № 3 из k-65488	11,8	18,4	55,8	42,6	2,25

Генотип	Длина колоса, см	Количество, шт.		Масса 1000 зерен, г	Вес зерен с колоса, г
		колосков	зерен		
Синтетик к-65509	16,5	22,2	70,3	43,5	3,21
Мироновская 808	12,1	22,9	45,3	47,8	2,12
Безостая 1	13,1	22,7	56,3	49,7	2,78
НСР <sub>05</sub>	1,0	1,5	9,6	–	0,33

**Выводы.** Большинство гексаплоидных синтетиков пшеницы (A<sup>6</sup>BD), созданных при гибридизации твердой пшеницы *T. durum* A<sup>6</sup>B с *Ae. tauschii* D, в той или иной степени фенотипически напоминают образцы *T. aestivum* A<sup>6</sup>BD. Более того, в результате макроэволюционных преобразований из синтетика к-65488 выщепились формы, внешне идентичные безостой мягкой пшенице.

Таким образом, определенное фенотипическое сходство (особенно выщепляющихся макромутантных форм) и достаточно высокие продукционные показатели синтетика к-65509 дают возможность использовать их как исходный материал для селекционного улучшения продукционных показателей мягкой пшеницы.

#### Библиографические ссылки

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Копусь М.М., Ионова Е.В., Дорохова Д.П., Мирошников К.А. Пшеница Дона: урожайность и качество зерна – конкуренция и сортовое разнообразие // Зерновое хозяйство России. 2018. № 2(56). С. 42–46. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-56-2-42-46>.
3. Пшеницы мира: видовой состав, достижения селекции, современные проблемы и исходный материал. 2-е изд., перераб. и доп. Ленинград, 1987. 559 с.
4. Романов Б.В., Пимонов К.И. Феномогеномика продукционных признаков видов пшеницы. Монография. Донской ГАУ, 2018. 188 с.
5. Романов Б.В., Пимонов К.И. Гомологичная мягкой пшенице форма из *Triticum kiharae* Dorof. et Migusch // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2(58). С. 153–163. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-15.
6. Чернова В.Л., Подгорный С.В., Скрипка О.В. Урожайность и параметры адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в условиях южной зоны Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5(71). С. 21–25. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-21-25.
7. Шевелев Г.Ю., Пышный Д.В. Современные подходы к синтезу генов: аспекты синтеза олигонуклеотидов, ферментативной сборки, проверки последовательностей и коррекции ошибок // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. 22(5). С. 498–506. <https://doi.org/10.18699/VJ18.387>.
8. Хакимова А.Г., Губарева Н.К., Кошкин В.А., Митрофанова О.П. Генетическое разнообразие и селекционная ценность синтетической гексаплоидной пшеницы, привлеченной в коллекцию ВИР // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. 23(6). С. 738–745. DOI 10.18699/VJ19.548.
9. Коллекция видов пшеницы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://agromaestro.com/2019/12/01>.

#### References

1. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy). [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
2. Kopus' M.M., Ionova E.V., Dorokhova D.P., Miroshnikov K.A. Pshenitsa Dona: urozhainost' i kachestvo zerna – konkurentsiya i sortovoe raznoobrazie [Wheat on Don: productivity and grain quality – competition and varietal diversity] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 2(56). S. 42–46. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-56-2-42-46>.
3. Pshenitsy mira: vidovoi sostav, dostizheniya selektsii, sovremennyye problemy i iskhodnyi material [Wheat of the world: varietal composition, breeding achievements, modern problems and initial material]. 2-e izd., pererab. i dop. Leningrad, 1987. 559 s.
4. Romanov B.V., Pimonov K.I. Fenomogenomika produkcionnykh priznakov vidov pshenicy [Phenogenomics of production traits of wheat varieties]. Monografiya. Donskoj GAU, 2018. 188 s.
5. Romanov B.V., Pimonov K.I. Gomologichnaya myagkoj pshenitse forma iz *Triticum kiharae* Dorof. et Migusch [Homologous to common wheat form *Triticum kiharae* Dorof. et Migusch] // Izvestiya nizhnivolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 2(58). S. 153–163. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-15.
6. Chernova V.L., Podgornyi S.V., Skripka O.V. Urozhainost' i parametry adaptivnosti sortov ozimoi myagkoj pshenitsy selektsii FGBNU «ANTs «Donskoi» v usloviyakh yuzhnoi zony Rostovskoi oblasti [Productivity and adaptability parameters of the winter bread wheat varieties developed by the FSBSI «ARC Donskoy» in the southern part of the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 5(71). S. 21–25. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-21-25.
7. Shevelev G.Yu., Pyshnyi D.V. Sovremennyye podkhody k sintezu genov: aspekty sinteza oligonukleotidov, fermentativnoi sborki, proverki posledovatel'nostei i korrektsii oshibok [Modern approaches to gene synthesis: aspects of oligonucleotide synthesis, enzymatic collection, sequence validation and error correction] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2018. 22(5). S. 49–506. <https://doi.org/10.18699/VJ18.387>.

8. Khakimova A.G., Gubareva N.K., Koshkin V.A., Mitrofanova O.P. Geneticheskoe raznoobrazie i selekcionnaya tsennost' sinteticheskoi geksaploidnoi pshenitsy, privlechennoi v kolleksiya VIR [Genetic diversity and breeding value of synthetic hexaploid wheat introduced into the VIR collection] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2019. 23(6). S. 738–745. DOI 10.18699/VJ19.548.

9. Kolleksiya vidov pshenitsy [Collection of wheat varieties] [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://agromaestro.com/2019/12/01>.

Поступила: 16.11.21; доработана после рецензирования: 12.12.21; принята к публикации: 13.12.21.

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

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

**Авторский вклад.** Романов Б.В. – концептуальное исследование; Романов Б.В., Пимонов К.И., Сорокина И.Ю. – подготовка и выполнение полевых и лабораторных опытов и сбор данных; Романов Б.В. – анализ данных и их интерпретация; Романов Б.В., Пимонов К.И., Сорокина И.Ю. – подготовка рукописи.

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