

ПРОДУКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ *TRITICUM PETROPAVLOVSKYI* И ЕЕ СПОНТАННЫХ МАКРОМУТАНТОВ

Б. В. Романов¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и генетики сельскохозяйственных растений, triticumrbw@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0701-1584;

К. И. Пимонов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Растениеводство и садоводство», Konst.pimonov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0726-2583

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный российский аграрный научный центр»,

346735, Ростовская обл., Аксайский р-н, пос. Рассвет, ул. Институтская, 1; e-mail: dzni@mail.ru;

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования,

346493, Ростовская обл., Октябрьский р-н, пос. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24; e-mail: dongau@mail.ru

Исследования проводили на опытном поле ФГБНУ ФРАНЦ, почвы которого представлены черноземом обыкновенным. В полную спелость отбирали 25 продуктивных побегов каждого образца и после достижения зерновками стандартной влажности в лаборатории осуществляли структурный анализ. В качестве объектов исследования использовали *T. petropavlovskiy* и выпившиеся из нее в процессе возделывания спонтанные макромутантные формы. В процессе многолетнего культивирования *T. petropavlovskiy* в коллекции, у нее выделены многочисленные спонтанные макромутантные формы видового характера. В работе представлены результаты исследования продукционных характеристик *T. petropavlovskiy*, выделенных из нее спонтанных макромутантных форм, близких фенотипически *T. spelta*, мягкоподобной *T. aestivum* и типичной мягкой пшеницы *T. aestivum*. Установлено, что спельтоидная макромутантная пшеница по продукционным показателям значительно уступает исходной *T. petropavlovskiy* и макромутантной мягкой пшенице *T. aestivum*. Мягкоподобная макромутантная *T. aestivum* ближе по своим продукционным показателям к исходной *T. petropavlovskiy*, но обладает меньшей массой побега и, соответственно, меньшей зерновой продуктивностью. Наиболее перспективной в селекционном процессе является макромутантная типичная мягкая пшеница *T. aestivum*, которая формирует большее количество зерновок и за счет этого имеет преимущество по массе зерна с колоса над всеми образцами, включая исходную форму. Ценность данной макромутантной формы определяется еще и высоким коэффициентом удельной продуктивности ($K_{\text{уд}}$), что говорит о более эффективной работе ее вегетативных органов. Следовательно, макромутантная *T. aestivum*, которая проявляет феноменальное сходство с существующими сортами мягкой пшеницы, предполагает высокую результативность гибридизации с последними. Соответственно, макромутантная форма *T. aestivum*, полученная на базе генотипа *T. petropavlovskiy*, представляет определенную ценность как исходный материал для селекционной практики.

Ключевые слова: виды пшеницы, *T. petropavlovskiy*, макромутантные формы, спельтоид, *T. aestivum*, продуктивность.



PRODUCT CHARACTERISTICS OF *TRITICUM PETROPAVLOVSKYI* AND ITS SPONTANEOUS MACROMUTANTS

B. V. Romanov¹, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory of breeding and genetics of agricultural crops, triticumrbw@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0701-1584;

K. I. Pimonov², Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department "Plant-production and horticulture", Konst.pimonov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0726-2583

¹FSBSI "Federal Russian Agricultural Research Center",

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

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education,

346493, Rostov region, Oktyabrsky district, v. of Persyanovsky, Krivoshlykova Str., 24; e-mail: dongau@mail.ru

The studies were conducted on the experimental field of the FSBSI "Federal Russian Agricultural Research Center", whose soils are ordinary blackearth (chernozem). 25 productive shoots of each sample were taken in their full ripeness, and, when the seeds reached standard humidity, there was performed a structural analysis in the laboratory. *T. petropavlovskiy* and spontaneous macromutant forms emerged from cultivation were used as the objects of study. In the process of a long-term cultivation of *T. petropavlovskiy* in the collection, there were identified numerous spontaneous macromutant forms of a specific nature. The paper presents the study results of the product characteristics of *T. petropavlovskiy* and spontaneous macromutant forms which are phenotypically close to *T. spelta* and soft-like *T. aestivum* and typical soft wheat *T. aestivum*. It has been established that product characteristics of speltoid macromutant wheat are significantly inferior to the original *T. petropavlovskiy* and macromutant soft wheat *T. aestivum*. Product features of soft-like macromutant *T. aestivum* is similar to the original *T. petropavlovskiy*, but has a smaller sprout weight and, correspondingly, lower grain productivity. The most promising variety for breeding process is the macromutant typical soft wheat *T. aestivum*, which forms a larger number of grains and, due to this, has an advantage in 'kernel weight per head' over all samples, including the initial form. The value of this macromutant form can also be determined by the high coefficient of specific productivity (C_{sp}), which indicates a more efficient work of its vegetative organs. Consequently, the macromutant *T. aestivum*, which is phenomenally similar to the existing varieties of soft wheat, promises a high hybridization efficiency with the latter. Thus, the macromutant form of *T. aestivum*, developed on the basis of the *T. petropavlovskiy* genotype, is of some value as an initial material for breeding practice.

Keywords: wheat species, *T. petropavlovskiy*, macromutant forms, speltoid, *T. aestivum*, productivity.

Введение. В XX в. проведены многочисленные исследования по систематике рода *Triticum* L., а также по происхождению культурной пшеницы. В результате этих работ установлено, что все виды рода *Triticum* L. по уровню плоидности делятся на три группы: а) диплоидные ($2n = 14$), б) тетраплоидные ($2n = 28$) и в) гексаплоидные ($2n = 42$).

В 1970 г. гексаплоидная пшеница пополнилась видом *T. petropavlovskiy* Udacz. et Migusch, который содержит геном A^uBD (Дружин и Крупнов, 2008). Новый вид доставлен в страну А. М. Горским в 1957 г. из Китая. По мнению З. А. Морозовой и В. В. Мурашева (2017), пшеница Петропав-

ловского могла возникнуть при мутационном появлении гена Р у пшеницы мягкой. Спонтанные мутации играют важную роль в видообразовании у растений. Оказалось, что *T. petropavlovskyi* обладает высокой мутабельностью. Этот вид, находящийся в коллекции пшеницы ФГБНУ ФРАНЦ (Донской Зональный НИИСХ) с 1992 г., имеет мощные вегетативные побеги и своеобразный колос с относительно крупными зерновками, что делает его достаточно перспективным исходным материалом для селекции (Козлечков и др., 2015; 2016б). В процессе его культивирования в коллекции уже в первые годы были обнаружены спонтанные макромутантные формы, в том числе и рассматриваемые в настоящей работе спельтоидные, мягкоподобные и практически неотличимые от типичной мягкой пшеницы.

Цель работы – оценить продукционные характеристики *T. petropavlovskyi* и выщепившихся из нее макромутантных форм.

Материал и методы исследований. В качестве объектов исследования использовали *T. petropavlovskyi* и выщепившиеся из нее в процессе возделывания спонтанные макромутантные формы. При этом основное внимание уделялось спельтоидам, близким по фенотипу к настоящей *T. spelta* L., и формам, близким к мягкой пшенице *T. aestivum* L. Мутанты с уродливыми колосьями в расчет не принимали. Исследования проводили на опытном поле ФГБНУ ФРАНЦ, почвы которого представлены черноземом обыкновенным. В полную спелость отбирали 25 продуктивных побегов каждого образца и после достижения зерновками стандартной влажности в лаборатории проводили структурный анализ. В работе приводится коэффициент удельной продуктивности ($K_{уд}$) – показатель эффективности репродуктивной функции побегов пшеницы (Козлечков и др., 2016а). Статистическую обработку данных проводили по Б. А. Доспехову (1985) с использованием стандартных компьютерных программ Statistica 6,0; Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. Пшеница Петропавловского обладает так называемым геном Р, который сближает ее с *Triticum polonicum*, и в то же время у изучаемого вида есть признаки *Triticum persicum* (Дорофеев и др., 1979). Вероятно, поэтому П. А. Гандилян назвал ее «персикоидом» азиатской спелты (Гандилян, 1972). По известным источникам, у пшеницы Петропавловского всего лишь трехцветковые колоски, и она относится к голозерным видаобразцам, у которых облегченный обмолот по сравнению с пленчатыми видами пшеницы (Дорофеев, 1987; Дорофеев и др., 1979). По-видимому, сталкиваясь, как правило, с тремя зерновками в колоске у пшеницы Петропавловского, исследователи автоматически перенесли это на цветки. Отсюда, вероятно, и появилось понятие «трехцветковые колоски». Однако следует подчеркнуть, что более тщательное и длительное исследование, проведенное в процессе культивирования *T. petropavlovskyi* в нашей коллекции видов пшеницы, показало, что у нее развивается, как и у большинства видов пшеницы, 6–8 цветков (Козлечков и др., 2016а). Соответственно, она может формировать более трех зерновок в колоске, что противоречит ранее сделанному утверждению, опубликованному в вышеуказанных источниках. По крайней мере нами установлено, что в срединных колосках колоса пшеницы Петропавловского часто встречаются и четыре зерновки, что теоретически невозможно при «трехцветковой» природе ее колосков. Поскольку она является своего рода персикоидом азиатской спелты, то неудивительно, что из нее спонтанно сразу же, в первые годы выращи-

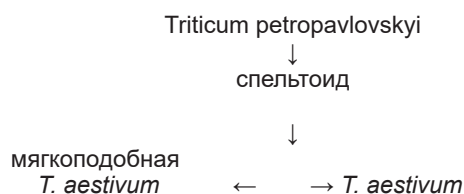
вания, выщепились спельтоидные макромутантные формы (рис. 1), из которых в дальнейшем появились спонтанные макромутантные формы мягкоподобной пшеницы *T. aestivum* и типичные представители «классической» мягкой пшеницы *T. aestivum*.



Рис. 1. Колосья: 1 – исходный вид *T. Petropavlovskyi*; 2 – спельтоидная форма из *T. Petropavlovskyi*; 3 – мягкоподобная пшеница *T. Aestivum*; 4 – типичная мягкая пшеница *T. aestivum*

Fig. 1. Heads: 1 – initial species *T. petropavlovskyi*; 2 – speltoid form from *T. petropavlovskyi*; 3 – soft-like wheat *T. aestivum*; 4 – typical soft wheat *T. aestivum*

Следует отметить, что никакого постепенного и последовательного перехода от пшеницы Петропавловского к спельтоидной форме, а затем к мягкоподобной *T. aestivum* и далее к *T. aestivum*, как это расположено на рисунке 1, не было. Вначале появилась спельтоидная форма. Из нее практически одновременно, т. е. в течение нескольких поколений, выщепились мягкоподобная *T. aestivum* и типичная мягкая пшеница *T. aestivum*. Появление этих макромутантных форм схематично можно представить таким образом:



Поскольку наибольший интерес для нас представляют макромутантные формы мягкоподобной и мягкой пшеницы, рассмотрим их поподробнее. На рисунке 2 отдельно зафиксированы колосья этих макромутантных форм.



Рис. 2. Спонтанные макромутантные формы мягкой пшеницы из спельтоида:

1 – мягкоподобная *T. Aestivum*; 2 – *T. aestivum*

Fig. 2. Spontaneous macromutant forms of soft wheat from speltoid: 1 – soft-like *T. aestivum*; 2 – *T. aestivum*

Различия во внешнем виде у них достаточно очевидны. Первое, что можно отметить, это внешнее сходство колоса и колосков мутантной мягкоподобной *T. aestivum* с таковыми у *T. persicum* Vav. Колосковая чешуя у нее, так же как и у персикоидной пшеницы, имеет выраженную ость.

Таким образом, утверждения П. А. Гандиляна относительно «персикоидности» пшеницы Петропавловского, вполне обоснованны. У мутантной *T. aestivum* остей на колосковой чешуе практически нет. Да и в целом, в колоске у нее в середине колоса по 3–4, иногда и 5 зерновок, тогда как у «персикоидной» мутантной *T. aestivum* максимум три зерновки, а в большинстве по две. Колос мутантной *T. aestivum*

и по цвету, и по форме колоска типичен для мягкой пшеницы. Зерновки у мягкоподобной мутантной *T. aestivum* мельче, чем у *T. petropavlovskiyi*, и даже, чем у мутантной *T. aestivum*. Они более вытянутые. Зерновки заключены в цветковые чешуйки плотнее, чем у *T. aestivum*. Колосковые чешуи у мягкоподобной *T. aestivum* более грубые. Поэтому обмолот у нее несколько труднее, чем у мутантной формы типичной мягкой пшеницы.

Продукционные показатели *T. petropavlovskiyi* и выделенных из нее макромутантных форм значительно различаются (см. табл.). Наименьшие показатели у спельтоидной формы, далее следует мягкоподобная *T. aestivum* и затем типичная *T. aestivum*.

Продукционные показатели *T. petropavlovskiyi* и ее спонтанных макромутантных форм
Product indicators of *T. petropavlovskiyi* and spontaneous macromutant forms

Генотип	Масса, г		Количество, шт.		Масса зерна с колоса, г	K _{yn}
	побега	колоса с зерном	колосков в колосе	зерен		
<i>T. petropavlovskiyi</i>	6,30	3,42	20,4	50,1	2,35	0,59
Спельтоид	3,77	1,90	17,9	33,4	1,35	0,56
Мягкоподобная <i>T. aestivum</i>	4,94	2,67	19,4	36,3	1,91	0,63
<i>T. aestivum</i>	5,48	3,54	20,7	72,0	2,74	1,00
НСП ₀₅	1,27	0,73	1,9	10,3	0,56	—

У спельтоида почти в два раза снизилась масса побега и колоса по сравнению с исходной родительской формой. Соответственно, существенно меньше количество зерен и их масса. Как следствие, у нее самый низкий коэффициент удельной продуктивности (K_{yn}), который отражает эффективность работы вегетативных органов при формировании зерна (Козлечков и Жамсаранова, 1993; Козлечков и др., 2016а). Масса побега исходного *T. petropavlovskiyi* и мутантной типичной *T. aestivum* практически на одном уровне. Однако есть принципиальные отличия, которые хотелось бы подчеркнуть. Так, у мутантной *T. aestivum* значительно больше количество зерен в колосе, что определило несколько выше выход зерна, и, самое главное, у нее существенно увеличился K_{yn}. То есть при практически одинаковой массе побегов с *T. petropavlovskiyi* мутантная *T. aestivum* формирует больший выход зерна.

Следовательно, в преимуществе мягкой пшеницы немаловажную роль наряду с технологическими показателями играет и эффективность работы ее вегетативных органов, которые «выкармливают» большее количество зерновок по сравнению с той же пшеницей Петропавловского. Напомним, что *T. petropavlovskiyi*

также является голозерным гексаплоидным видом пшеницы. Однако, при всей мощности своих побегов, она синтезирует меньшее количество зерновок и K_{yn} у нее 0,59 против 1,00 у макромутантной мягкой пшеницы *T. aestivum*. Большее количество зерновок и более эффективная работа вегетативной массы макромутантной мягкой пшеницы *T. aestivum* дают преимущество последней над *T. petropavlovskiyi*. Очевидно, поэтому последняя менее востребована, чем мягкая пшеница, хотя различия по урожайности между ними недостоверны.

Выводы. В результате спонтанных макромутационных преобразований из пшеницы Петропавловского (*T. petropavlovskiyi*) выделены вначале спельтоидная, а затем из нее мягкоподобные *T. aestivum* и типичные формы мягкой пшеницы *T. aestivum*. Сравнительный анализ продукционных признаков этих форм показал более эффективную работу (в плане зернообразования) мутантной формы типичной мягкой пшеницы *T. aestivum*. Благодаря фенотипическому сходству последняя будет легче скрещиваться с имеющимися сортами *T. aestivum*. Поэтому ее можно считать достаточно перспективным исходным материалом в селекции мягкой пшеницы.

Библиографические ссылки

1. Дорофеев В. Ф., Филатенко А. А., Мигушова Э. Ф. Культурная флора СССР. Т. 1. Пшеница. Л.: Колос, 1979. 347 с.
2. Дорофеев В. Ф., Якубцинер М. М., Руденко М. И. Пшеницы мира: видовой состав, достижения селекции, современные проблемы и исходный материал. 2-е изд. перераб. и доп. Л.: Агропромиздат, 1987. 559 с.
3. Гандилян П. А. О дикорастущих видах *Triticum* Армянской ССР. Ботанический журнал. 1972. Т. 57, № 2. С. 173–181.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для с.-х. вузов; 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Дружин А. Е., Крупнов В. А. Пшеница и пыльная головня. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2008. 164 с.
6. Козлечков Г. А., Жамсаранова О. Н. Генеративное усилие у пшениц и эгилопсов // Ботанический журнал. 1993. № 4. С. 59–66.
7. Козлечков Г. А., Пасько С. В., Романов Б. В. Закон пропорциональной зависимости числа зерновок и их совокупной массы колоса побега пшеницы от величины его вегетативной массы // Известия Оренбургского государственного университета. 2015. № 2(52). С. 25–29.
8. Козлечков Г. А., Пасько С. В., Романов Б. В. Коэффициент удельной продуктивности как показатель эффективности репродуктивной функции побега пшениц коллекции ВИР // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016а. № 3. С. 34–38.

9. Козлечков Г. А., Пасько С. В., Романов Б. В. Вопросы биологии и продуктивности пшеницы Петropавловского // Известия Оренбургского государственного университета. 2016б. № 3(59). С. 8–10.
10. Морозова З. А., Мурашев В. В. Пшеница, коленница, дазирпирум: особенности морфогенеза, филогенетические взаимосвязи: монография. Мин-во образования и науки РФ, МГУ им. М. В. Ломоносова. Тамбов – Москва: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2017. 104 с. DOI 10.17117/ mon.2017.01.01.

References

1. Dorofeev V. F., Filatenko A. A., Migushova E. F. Kul'turnaya flora SSSR [Cultural flora of the USSR]. T. 1. Pshenica. L.: Kolos. 1979. 347 s.
2. Dorofeev V. F., Yakubciner M. M., Rudenko M. I. Pshenicy mira: vidovoj sostav, dostizhe-niya selekcii, sovremennye problemy i iskhodnyj material [Wheats of the world: species composition, selection achievements, current problems and initial material]. 2-e izd. pererab. i dop. L.: Agropromizdat, 1987. 559 s.
3. Gandilyan P. A. O dikorastushchih vidah Triticum Armyanskoj SSR. Botanicheskij zhurnal [On the wild species of Triticum of the Armenian SSR]. 1972. T. 57, № 2. S. 173–181.
4. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij): uchebnik dlya s.-h. vuzov [Methodology of a field trial: (with the basics of statistical processing of research results): a text-book for agricultural universities] / B. A. Dospekhov. 5-e izd., dop. i pere-rab. Moskva: Agropromizdat, 1985. 351 s.
5. Druzhin A. E., Krupnov V. A. Pshenica i pyl'naya golovnya [Wheat and loose smut]. Saratov: Izd-vo Sarat. un-ta, 2008. 164 s.
6. Kozlechkov G. A., Zhamsaranova O. N. Generativnoe usilie u pshenic i egilopsov [Generative effort in wheat and goatgrass] // Botanicheskij zhurnal. 1993. № 4. S. 59–66.
7. Kozlechkov G. A., Pas'ko S. V., Romanov B. V. Zakon proporcional'noj zavisimosti chisla zernovok i ih sovokupnoj massy kolosa pobega pshenicy ot velichiny ego vegetativ-noj massy [The law of proportional dependence of the number of grains and their total weight of a wheat spike on its vegetative mass amount] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № 2(52). S. 25–29.
8. Kozlechkov G. A., Pas'ko S. V., Romanov B. V. Koefficient udel'noj produktivnosti kak pokazatel' effektivnosti reproduktivnoj funkicii pobega pshenic kollekicii VIR [The coefficient of specific productivity as an indicator of the effectiveness of the reproductive function of the wheat sprout of the VIR collection] // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2016a. № 3. S. 34–38.
9. Kozlechkov G. A., Pas'ko S. V., Romanov B. V. Voprosy biologii i produktivnosti pshenicy Petropavlovskogo [Questions of biology and productivity of wheat Petropavlovskiy] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2016b. № 3(59). S. 8–10.
10. Morozova Z. A., Murashev V. V. Pshenica, kolennica, dazirpирум: osobennosti morfogeneza, filogeneticheskie vzaimosvyazi: monografiya [Wheat, goatgrass, dazirpирум: features of morphogenesis, phylogenetic relationships: monograph]. Min-vo obrazovaniya i nauki RF, MGU im. M.V. Lomonosova. Tambov – Moskva: ООО "Konsaltingovaya kompaniya Yukom", 2017. 104 s. DOI: 10.17117/ mon.2017.01.01.

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.