

Поиск генотипа, сочетающего устойчивость к нескольким грибным инфекциям, актуальным в регионе, и насекомым-вредителям будет продолжаться на расширенной выборке генотипов сортов отечественной селекции, прошедших полевые испытания в Западно-Сибирском регионе с привлечением дополнительных молекулярных маркеров к генам *Stb* (септориоз), *Sr* (стеблевая ржавчина), *Lr* (бурая ржавчина).

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке бюджетного проекта Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики СО РАН» FWNR-2022-0007 и в рамках государственного задания Федерального Алтайского научного центра агробιοтехнологий 0534-2021-0003 «Использование молекулярно-генетических и биотехнологических методов исследований в селекции растений».

Список литературы

- 1 Clarke F.R., Clarke J.M., Knox R.E. Inheritance of stem solidness in eight durum wheat crosses // Can. J. Plant Sci. 2002. V. 82. P. 661–664
- 2 Лепехов С.Б., Петин В.А., Чебатарева М.В. Выполненность соломины как важный фактор защиты пшеницы от хлебного пилильщика (*Cephus pygmaeus* L.) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183, № 1. С. 199–207.
- 3 Крупнов В.А., Касатов В.И. Методы выявления форм пшеницы, устойчивых к хлебному пилильщику // Селекция и семеноводство. 1977. № 6. С. 59–60
- 4 Stakman E.C., Stewart D.M., Loegering, W.Q. Identification of physiologic races of *Puccinia graminis* var. *tritici* // U.S. Dep. Agric. ARS, Bull. E617. 1962

DOI 10.18699/GPB2024-82

Использование генетического потенциала гексаплоидной пшеницы *Triticum petropavlovskyi* Udacz. et Migusch. в селекции мягкой пшеницы

Соболев К.В.^{1*}, магистрант; Чуманова Е.В.², м.н.с.; Ефремова Т.Т.², к.б.н., с.н.с.; Кондратьева И.В.¹, к.с.-х.н., доцент.

¹ Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

² Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

*email: SobolevKV@bionet.nsc.ru

Проведено изучение фаз развития, устойчивости к грибным заболеваниям и продуктивности образцов *Triticum petropavlovskyi* Udacz. et Migusch. Получены гибридные формы *T. petropavlovskyi* Udacz. et Migusch. × *T. aestivum* L., обладающие окрашенным зерном и высокой массой 1000 зерен.

Ключевые слова: мягкая пшеница, *Triticum petropavlovskyi* Udacz. et Migusch., время колошения, окраска зерна.

Utilization of genetic potential of hexaploid wheat *T. petropavlovskyi* Udacz. et Migusch. in common wheat breeding

Sobolev K.V.^{1*}, Chumanova E.V.², Efremova T.T.², Kondratyeva I.V.¹

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

² Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia

*email: SobolevKV@bionet.nsc.ru

The phases of development, resistance to fungal diseases and productivity of *Triticum petropavlovskyi* Udacz. et Migusch. samples were studied. Hybrid forms of *T. petropavlovskyi* Udacz. et Migusch. × *T. aestivum* L. possessing colored grain and high weight of 1000 grains were obtained.

Key words: common wheat, *Triticum petropavlovskyi* Udacz. et Migusch., heading time, grain coloration.

Triticum petropavlovskyi Udacz. et Migusch. – эндемичный вид гексаплоидной пшеницы, встречающийся в дикорастущем виде в Китае в горных районах Синцзяня и Тибета. Экологически приурочена к орошаемому земледелию в условиях знойного сухого климата. Видоспецифичным признаком является наличие удлиненной колосковой и цветковой чешуй, почти как у тетраплоидного вида *T. polonicum* L. *T. petropavlovskyi* – мало изученный и не затронутый селекцией вид. Все описанные формы имеют яровой тип развития. Характерно наличие крупной удлиненной (9–10 мм), стекловидной зерновки. Обладает зноєвыносливостью и солеустойчивостью. Отрицательные признаки – высокорослые растения, неустойчивые к полеганию, восприимчивость к грибным заболеваниям, слабая засухоустойчивость [1].

В работе использовались семь образцов *T. petropavlovskyi* из коллекции ВИР (см. таблицу). Целью данной работы было дать характеристику этим образцам по длительности вегетационного периода, устойчивости к грибным заболеваниям, продуктивности и получить гибридные формы *T. petropavlovskyi* Udacz. et Migusch. × *T. aestivum* L., обладающие окрашенным зерном и высокой массой 1000 зерен.

Показатели продуктивности колоса и растения образцов *T. petropavlovskyi* (поле, 2021 г.).

Образец	Продуктивность главного колоса				Масса 1000 зерен, г	Продуктивность растения		
	Длина колоса, см	Число колосков, шт.	Число зерен, шт.	Масса зерен, г		Число колосьев, шт.	Число зерен, шт.	Масса зерен, г.
k-43351	14,4±0,17 b	14,3±0,21	37,9±0,93 b	1,6±0,07 ab	35,9±0,75 a	7,3±0,35	190,5±9,75	6,9±0,42
k-43376	14,5±0,19 b	13,4±0,19	34,6±1,03 b	1,5±0,08 ab	42,1±1,27 ab	6,8±0,31	149,7±5,58	6,4±0,38
k-51763	14,3±0,26 b	13,7±0,21	36,2±1,04 b	1,5±0,09 ab	39,5±1,59 ab	6,5±0,35	175,5±8,98	6,8±0,37
k-51764	14,5±0,26 b	14,3±0,28	35,7±1,44 b	1,8±0,07 b	45,6±1,18 b	7,7±0,48	193,6±18,82	8,9±0,92
КИЗ	11,3±0,22 a	14,5±0,28	32,2±0,93 ab	1,6±0,08 ab	44,2±1,23 ab	7,6±0,27	157,7±8,20	6,9±0,38
k-51766	13,5±0,24 b	14,2±0,28	26,1±1,43 a	1,3±0,08 a	47,5±1,23 b	8,3±0,41	158,2±8,26	7,6±0,50
k-44126	13,2±0,30 b	13,0±0,24	34,0±1,11 ab	1,5±0,07 ab	44,7±0,90 ab	5,5±0,34	156,9±11,93	7,0±0,52

Данные представлены в формате среднее значение ± ошибка среднего. Различия статистически значимы при $p \leq 0,05$.

Все изученные образцы характеризуются остистым колосом, а также наличием удлиненной колосковой и цветковой чешуй относительно мягкой пшеницы. У всех образцов, кроме k-51766 имеется опушение на листовой пластинке. Окраска остей колоса преимущественно черная, за исключением образцов k-51763 и k-51764, ости которых имеют красную окраску. Также это единственные образцы, которые не имеют опушения на колосковых чешуях.

У всех образцов *T. petropavlovskiyi*, наблюдалась высокая степень поражения бурой листовой ржавчиной (4 балла по бальной шкале от 0 до 4). Устойчивость к мучнистой росе – средняя (5–8 баллов по шкале CIMMYT от 10 до 0).

Изучена продолжительность периода всходы-колошение и отдельных фаз развития у образцов *T. petropavlovskiyi* (рис. 1). Наиболее скороспелым оказался образец k-51763 (колошение за 46–47 дней) ($p \leq 0,05$), яровой тип развития которого определяется тремя доминантными аллелями *VRN-1* (*Vrn-A1L*, *Vrn-B1a*, *Vrn-D1a*) [2]. Наиболее позднеспелым образцом среди изученных оказался КИЗ, моногенный носитель *Vrn-A1L*, длительность периода всходы – колошение которого составила 59–63 дня; разница в сроках колошения относительно других образцов составила 10 и более дней ($p \leq 0,05$). Что касается остальных образцов, то не выявлено однозначной закономерности между числом доминантных аллелей и временем колошения. Удлинение периода до колошения образца *T. petropavlovskiyi* КИЗ связано с удлинением периода от всходов до первого узла, который составил 43 дня и был длиннее в среднем на 18–21 день относительно остальных образцов ($p \leq 0,05$). Отмечена некая вариабельность в длительности периода первый узел-флаг лист. Так, длительность этого периода варьировала от 10 дней у КИЗ до 18 дней у k-43351. Длительность периода флаг лист-колошение не отличалась у разных образцов (11–12 дней).

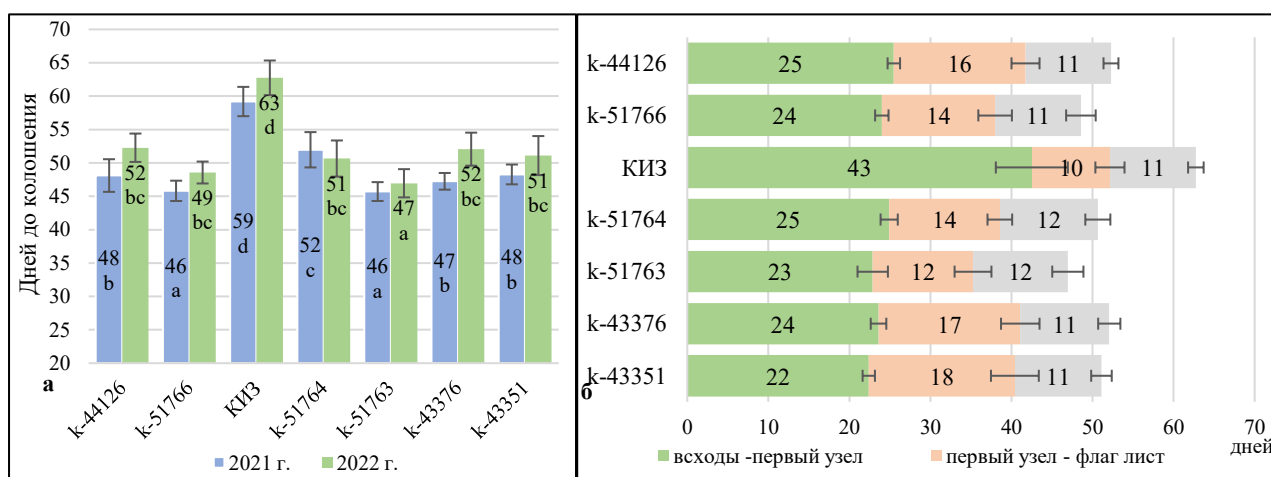


Рис. 1. Продолжительность периода всходы-колошение (поле, 2021 г. и 2022 г.) (а) и отдельных фаз развития (поле, 2022 г.) (б) у образцов *T. Petropavlovskiyi*

В таблице 1 представлены результаты изучения признаков продуктивности главного колоса и растения образцов *T. petropavlovskiyi*. По длине колоса образец КИЗ отличался от остальных в меньшую сторону (11,28 см) ($p \leq 0,05$), k-51766 и k-44126 имели длину колоса 13 см, у остальных значение составляло 14 см. Число

колосков варьировало от 13 шт. (k-43376 и k-44126) до 14 шт. у остальных образцов. По числу зерен в меньшую сторону вновь отличался образец КИЗ (26 шт.) ($p \leq 0,05$), в то время как у остальных значение составляло 32–38 шт. Наибольшая масса зерен с колоса была у образца k-51764 (1,76 г), наименьшая – у КИЗ (1,30 г) ($p \leq 0,05$). По числу колосьев с растения максимальное значение характерно для k-51766 (8,25), минимальное – для k-44126 (5,53). По числу зерен с растения выделялись образцы k-43351, k-51763 и k-51764, у которых значение варьировало от 175 до 194 шт. У остальных образцов число зерен с растения составляло 150–158 шт. По массе зерна с растения, также, как и по массе зерна колоса, выделялся образец k-51764 (8,9 г). Остальные образцы имели значение данного признака на уровне 6,38–7,58 г. По массе 1000 зерен к группе образцов с наименьшим значением признака можно отнести k-43351 и k-51763 (35,85 и 39,46 г), в то время как остальные образцы имели массу 1000 зерен больше 40 г. (42,12–47,45 г) ($p \leq 0,05$).

Известно, что ген *P1* у *T. petropavlovskiyi*, отвечающий за формирование длинной колосковой чешуи, сильно коррелирует с размером зерновки. Мы предположили, что при включении в гибридизацию образцов *T. petropavlovskiyi* с *T. aestivum* произойдет увеличение колосковых чешуй и как следствие увеличение размера зерновки. В качестве отцовской формы был выбран сорт мягкой пшеницы Мироновская крупнозерная, который также, как и *T. petropavlovskiyi*, характеризуется крупным зерном. Были получены гибриды F₁-F₂ Мироновская крупнозерная × *T. petropavlovskiyi* k-44126 (рис. 2). Масса 1000 зерен образца k-44126, выращенного в условиях теплицы, составляет 52,8 г, сорта Мироновская крупнозерная – 49,6 г. Среди растений F₂ поколения были отобраны растения с наибольшей массой 1000 зерен (59–61 г), которые включены в дальнейшую работу.



Рис. 2. Зерна родительских форм (1, 3) и растения F₂: *T. petropavlovskiyi* k-44126 × Мироновская крупнозерная (2)

Направление, связанное с получением биофортифицированной пшеницы с окрашенным зерном, используемым для производства продуктов функционального питания, употребление в пищу которых играет важную роль в профилактике широкого ряда заболеваний, является общемировой тенденцией. Была поставлена задача получить формы *T. petropavlovskiyi*, сочетающие высокую массу 1000 зерен с фиолетовой и черной окраской зерновки. Для этого получены гибридные формы от скрещивания *T. petropavlovskiyi* k-44126 с линией сорта Саратовская 29 с черной окраской

зерна ($Ba1 \times S29Pp1Pp3^{PF}$). Линия с черной окраской зерна, в свою очередь получена в результате гибридизации пшенично-пырейной замещенной линии s:S294E(4B) с голубой окраской зерна, несущей ген *Ba1*, и изогенной линии сорта Саратовская 29 с фиолетовой окраской зерна, определяемой генами *Pp-1* и *Pp3* [3]. Зерна гибридов F_1 имели светло-коричневую окраску, являющуюся результатом сочетанием генов *Ba1*, *Pp1* и *Pp3* в геми- и гетерозиготном состоянии. Среди гибридов F_2 наблюдалось расщепление по окраске зерна на красные, голубые, фиолетовые, светло-коричневые и темно-коричневые (черные) (рис. 3). Среди растений F_{3-4} будут выделены гомозиготные растения с черной и фиолетовой окраской зерна.



Рис. 3. Колос и зерно у гибридов F_1 : *T. petropavlovskiy* k-44126 $\times$ ($Ba1 \times S29Pp1Pp3^{PF}$) (а) и разнообразие окраски зерна у гибридов F_2 (б)

В дальнейшем планируется проведение оценки в полевых условиях отобранных генотипов по признакам продуктивности и содержанию антоцианов для выбора перспективных форм в качестве исходного материала для селекции.

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ (№ 24-26-20028) и Министерства науки и инновационной политики Новосибирской области (№ р-99).

Список литературы

- 1 Мурашев В.В., Морозова В.А. Морфогенез пшеницы Петропавловского – *T. petropavlovskiy* Udacz. et Migusch. в Подмосковье; секция Triticum: $2n=42$, геномы AuBD // Научный альманах. 2019. Т. 55. № 5–2. С. 157–167.
- 2 Chumanova E., Efremova T., Vavilova V. Characterization of the VRN-A1 allele introgressed from *T. aestivum* ssp. *petropavlovskiy* that influences the heading time in bread wheat // Euphytica. 2023. Vol. 219. 53.
- 3 Efremova T.T. et al. Combining the genes of blue aleurone and purple pericarp in the genotype of spring bread wheat Saratovskaya 29 to increase anthocyanins in grain // J. Cereal Sci. 2023. Vol. 109. 103616.