DOI 10.28983/asj.y2021i7pp40-43 УДК 633.11: 631/527

СПОНТАННЫЕ МАКРОМУТАНТЫ «МЯГКАЯ ПШЕНИЦА» ИЛИ ПОЛНЫЙ ГОМОЛОГ ИЗ *TRITCUM KIHARAE DOROF. ET MIGUSCH*

РОМАНОВ Борис Васильевич, *Федеральный Ростовский аграрный научный центр*
ПИМОНОВ Константин Игоревич, *Донской государственный аграрный университет*
СОРОКИНА Ирина Юрьевна, *Донской государственный аграрный университет*

Для успешного развития селекции необходим генетически разнообразный исходный материал. Снижение генетического разнообразия является глобальной проблемой, касающейся большинства возделываемых культурных растений, включая и пшеницу. В этой связи создание гомологичной мягкой пшенице формы по второй филогенетической ветви является весьма привлекательным, поскольку она будет являться ценным исходным материалом для селекционного улучшения Triticum aestivum L. A^uBD. Ранее полученный из T. kiharae Dorof. et Migusch., A^bGD под воздействием N-НММ (нитрозометилмочевина) полный гомолог проявил феноменальное как фенотипическое, так и определенное генотипическое сходство с мягкой пшеницей и легко скрещивается с сортообразцами последней. Полученная позднее из нее уже под воздействием колхицина гомологичная мягкой пшенице форма, несмотря на свою фенотипическую близость к последней, выглядела как промежуточная форма. Показаны спонтанные макромутанты «мягкая пшеница», выделенные, в первом случае, из растений T. kiharae, предварительно изменивших цвет, и, во- втором, из так называемой промежуточной формы. Выявленные макромутанты «мягкая пшеница» значительно превосходили по своим продукционным признакам исходную T. kiharae и также могут использоваться в качестве исходного материала для улучшения характеристик T. aestivum.

Введение. В настоящее время отечественная селекция уступает свои позиции иностранным компаниям, поэтому необходимо производство не только собственных продуктов, но и семенного материала [5]. Для успешного развития селекции необходим генетически разнообразный исходный материал. Снижение генетического разнообразия – глобальная проблема, касающаяся большинства возделываемых культурных растений, включая и пшеницу. Запас генофонда мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. по лимитирующим признакам ограничен и не всегда позволяет решать многие актуальные задачи селекции [3, 9]. Классический путь решения этой задачи – использование в гибридизации стародавних сортов и образцов из генетической коллекции пшеницы или вовлечение в скрещивание близкородственных видов и дикорастущих сородичей [4, 10, 11]. В этой связи создание гомолога мягкой пшеницы по второй филогенетической ветви является весьма привлекательным. Очевидно, что полный гомолог, согласно закона гомологических рядов наследственной изменчивости, фенотипически будет соответствовать мягкой пшенице и, в то же время, сохранит, в какой-то мере, генетические особенности представителей пшеницы вида Triticum timopheevii. Созданный полный гомолог, по-видимому, должен легче скрещиваться с образцами мягкой пшеницы. Из-за отличающегося генетического материала, вероятно, проявятся на больший гетерозисный эффект и, в какой- то степени, наследование такими гибридами иммунных свойств, характерных для представителей второй филогенетической ветви. Поэтому, полный гомолог мягкой пшеницы будет являться ценным исходным материалом для селекционного улучшения *T. aestivum*. Полученный в результате мутагенеза (под воздействием N-НММ) такой гомолог проявил феноменальное как фенотипическое, так и определенное генотипическое сходство с мягкой пшеницей и, в настоящее время, используется в различных скрещиваниях [6]. Однако позднее полученная из *Triticum kiharae Dorof. et Migusch.*, уже под воздействием колхицина гомологичная мягкой пшенице форма, несмотря на свою фенотипическую близость к последней, выглядела как промежуточная [8].

Цель настоящих исследований показать закономерный характер возникновений спонтанных и индуцированных макромутантов «мягкая пшеница» или полного гомолога из *T. kiharae* и оценить их продукционные показатели.

Методика исследований. В качестве объектов исследования использовали *T. kiharae* A^bGD и выделенные из него спонтанные и индуцированные макромутанты коллекции видов пшеницы ФГБНУ ФРАНЦ [2]. В частности, в сезоне 2015–2016 гг. обнаружены спонтанные мутанты с сизым восковым налетом, отличающим их от зеленых растений исходного *T. kiharae*. При отдельном возделывании этих растений, в сезоне 2018–2019 гг. среди них был обнаружен спонтанный Макромутнт-1 «мягкая пшеница».

В 2017 г. семена *T. kiharae* были обработаны 0,05%-м раствором колхицина в экспозиции в течение 12 часов. В результате в сезоне 2017–2018 гг. была получена гомологичная, напоми-

нающая фенотипически мягкую пшеницу, своего рода промежуточная форма. В посеве этих растений в сезоне 2018–2019 гг. обнаружен спонтанный Макромутант-2 («мягкая пшеница»), также идентичный безостым образцам *T. aestivum* A^uBD. В сезоне 2019–2020 гг. семена исходного *T. kiharae* и выделенных спонтанных макромутантов высевали и растения выращивали одновременно и в одинаковых условиях. Для проведения структурного анализа в полную спелость отбирали по 15 продуктивных побегов каждого образца. Урожайность зерна определяли при влажности 14 %. Математическая обработка показателей продукционных признаков проводилась в соответствии с методикой Б.А. Доспехова с применением стандартных компьютерных программ Microsoft Excel [1].

Результаты исследований. Колосья с сизым восковым налетом или с голубоватым оттенком, что характерно для представителей мягкой пшеницы, были обнаружены в посеве *T. kiharae* (рис. 1). По морфологическим признакам растения практически не отличались друг от друга, за исключением цвета.

Хорошо заметно опушение у обоих колосьев, темный цвет остей, одинаковое строение колосков, зубцов и т.п. Данные растения поддерживаются в коллекции видов пшеницы ФГБНУ ФРАНЦ как самостоятельные образцы, характеризующие *T. kiharae* и в настоящее время. В сезоне 2018–2019 г. в посеве этих видообразцов с голубоватым оттенком обнаружили растение идентичное мягкой пшенице (рис. 2). Поскольку у нас уже был опыт создания из *T. kiharae* A^bGD при помощи обработки его семян N-НММ так называемого полного гомолога мягкой пшеницы, то есть формы феноменально похожей на *T. aestivum* A^uBD, то возникновение мягкоподобной пшеницы у этих растений было воспринято соответствующим образом [7]. Естественно, учитывая такие возможные метаморфозы, при посеве соблюдали строжайшие меры предосторожности, дабы исключить элементарное засорение. Более того мы полагаем, что возникновение мягкоподобной пшеницы из гексаплоидного спельтоидного *T. kiharae* – это закономерность, поскольку у него в рецессиве вклад одного из трех элементарных диплоидных геномов, входящих в состав его генотипа [7]. Поэтому спонтанное возникновение «мягкой пшеницы» или полного гомолога из *T. kiharae* не воспринималось как нечто необыкновенное. Тем более, что полный гомолог и гомологичная мягкой пшенице форма нами уже были получены [7, 8].

На рис. 3 представлена гомологичная мягкой пшенице форма, полученная от обработки ее семян колхицином. Как оказалось, в последствии это была своего рода промежуточная форма или неполный гомолог, потому как в дальнейшем уже из нее выщепилась опять же безостая идентичная мягкой пшенице форма (рис. 4). Следовательно, непосредственно из самой *T. kiharae*, в конечном итоге, выщепляется «мягкая пшеница» (Макромутант-1), как и через соответствующую промежуточную форму Макромутант-2.

Все эти макроэволюционные преобразования носят определенный закономерный характер, поскольку непременно заканчиваются образованием «мягкой пшеницы». Как и следовало ожидать, продукционные характеристики колосьев макромутантов («мягкая пшеница») существенно больше, чем у исходного *T. kiharae* (см. таблицу).

Четко видно, что как у первого, так и второго макромутантов достоверно больше колосков

Рис. 1. Колос с сизым восковым налетом (слева) и зеленый колос T. kiharae

Рис. 2. Колос исходного T. kiharae (1) и выщепившегося Макромутанта-1 (2)

Рис. 3. Колосья T. kiharae (1) и промежуточной формы, полученной после обработки колхицином (2)

Рис. 4. Колосья промежуточной формы из T. kiharae (1) и выщепившийся из нее Макромутанта-2 (2)

Сравнительная характеристика продукционных признаков *T. kiharae* и макромутантов «мягкая пшеница» (2020 г.)

Генотип	Длина колоса, см	Количество, шт.		Масса колоса с зерном, г	Масса зерен, г
		колосков	зерен		
T. kiharae	9,4	13,5	23,0	1,68	0,82
Макромутант-1	12,0	20,0	47,5	2,45	1,80
Макромутант-2	8,3	21,5	36,3	2,63	1,79
$НСР_{05}$	-	1,8	10,6	0,63	0,55

Примечание: Макромутант-1 – «мягкая пшеница», полученная в результате спонтанной макромутации непосредственного из «голубого» *T. kiharae*; Макромутант-2 – «мягкая пшеница», выделенная из промежуточной формы.

и зерновок: 20,0 и 21,5 против 13,5 и, соответственно, 47,5 и 36,3 против 23,0 у *T. kiharae*. У них в 2 раза больше масса зерен с колоса и она у них практически совпадает. Однако по массе колоса с зерном *T. kiharae* отстает от макромутантов «мягкой пшеницы» примерно на 1/3, что предполагает отсутствие в его продукционных признаках вклада одного из трех элементарных диплоидных геномов. Очевидно, что более грубые и толстые колосковые и цветковые чешуйки *T. kiharae* снижают долю зерна в колосе по сравнению с макромутантными формами и поэтому возникает такой большой разрыв по массе чистых зерен. Учитывая закономерности макроэволюционных преобразований или возникновение из спельтоидной *T. kiharae*, $A^bGD \rightarrow$ «*T. aestivum*, A^uBD» можно полагать, что и другие искусственно синтезированные гексаплоидные формы A^uBD будут, в конечном итоге, реализовывать свой продукционный потенциал в виде мягкоподобной пшеницы. По крайней мере, нами при возделывании искусственных гексаплоидных синтетиков *T. durum*, $A^uB \times$ *Ae. tauschii*, D (A^uBD) у одного из образцов обнаружены аналогичные безостые макромутанты «мягкая пшеница». По-видимому, фенотип мягкой пшеницы позволяет реализовать потенциальные продукционные возможности таких гексаплоидных организмов. Не случайно считается, что вершиной эволюции гексаплоидной пшеницы ABD является именно мягкая пшеница *T. aestivum* L.

Заключение. Из изменивших цвет растений исходного спельтоидного *T. kiharae* и полученной из нее при помощи колхицина мягкоподобной промежуточной формы в процессе возделывания их в коллекции видов пшеницы выделены спонтанные безостые макромутанты типа «мягкая пшеница». Они существенно превосходили по продукционным показателям исходную *T. kiharae* и, благодаря своему фенотипическому сходству и некоторому генетическому отличию от сортообразцов *T. aestivum*, представляются как весьма перспективный исходный материал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 352 с.

2. Коллекция видов пшеницы. Каталог / Б.В. Романов [и др.]. – Ростов н/Д, 2021. – 68 с.

3. Минеральный состав зерна диких сородичей и интрогрессивных форм в селекции пшеницы / Т.В. Савин [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – № 22(1). – С. 88–96.

4. *Митрофанова О.П.* Генетические ресурсы пшеницы в России: состояние и предселекционное изучение // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – № 16(1). – С. 10–20.

5. *Полухин А.А., Панарин В.И.* Основные проблемы селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур и пути их решения // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 3(35). – С. 5–9.

6. *Романов Б.В.* Введение в феномогеномику количественных признаков рода Triticum. – Пос. Персиановский, 2010. – 136 с.

7. *Романов Б.В., Пимонов К.И.* Феномогеномика продукционных признаков видов пшеницы / Донской ГАУ. – Пос. Персиановский, 2018. – 188 с.

8. *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.

9. *Щукина Л.В., Лапочкина И.Ф., Пшеничникова Т.А.* Фенотипическое разнообразие линий мягкой пшеницы с интрогрессиями от диплоидного злака Aegilops speltoides по технологическим свойствам зерна и муки // Вавиловскиӣ журнал генетики и селекции. – 2020. – № 24(7). – С. 738–746.

10. *Alvarez J.B., Guzman C.* Interspecific and intergeneric hybridisation as a source of wheat grain quality improvement // Teor. Appl. Genet., 2018, 131: 225–251.

11. *Vikram P., Franco J., Burgeno-Ferreira J. et. al.* Unlocking the genetic diversity of Greole wheats // Sci. Rep., 2016, 6: 1–13.

Романов Борис Васильевич, *канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и генетики сельскохозяйственных растений, Федеральный Ростовский аграрный научный центр. Россия.*

346735, Ростовская обл., Аксайский р-н, пос. Рассвет, ул. Институтская, 1.

Тел.:+ 79381556901; e-mail: triticumrbw@mail.ru.

Пимонов Константин Игоревич, *д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Растениеводство», Донской государственный аграрный университет. Россия.*

Сорокина Ирина Юрьевна, *канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Растениеводство», Донской государственный аграрный университет. Россия.*

346493, Ростовская обл., Октябрьский р-н, пос. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24.

Тел.: 8(86360) 3-61-50; e-mail: irin.sorockina@yandex.ru.

Ключевые слова: *T. kiharae A^{b}GD; спонтанная и индуцированная макромутации; промежуточная форма; макромутант «мягкая пшеница»; полный гомолог; продукционные признаки.*

SPONTANEOUS MACROMUTANTS "SOFT WHEAT" OR A COMPLETE HOMOLOG OF TRITCUM KIHARAE DOROF. ET MIGUSCH

Romanov Boris Vasylyevich, *Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Federal Rostov Agrarian Scientific Centre. Russia.*

Pimonov Konstantin Igorevich, *Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the chair "Crop Production", Don State Agrarin University. Russia.*

Sorokina Irina Yurievna, *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the chair "Crop Production", Don State Agrarian University. Russia.*

Keywords: *T. kiharae AbGD; spontaneous and induced macromutations; intermediate form; soft wheat macromutant; complete homologue; production characteristics*

For the successful development of breeding, a genetically diverse source material is necessary. The decline in genetic diversity is a global problem affecting most cultivated crops, including wheat. In this regard, the creation of a homologous soft wheat form for the second phylogenetic branch is very attractive, since it will be a valuable source material for the selection improvement of Triti-cum aestivum L.. A^{a}BD. Previously derived from T. kiharae Dorof. et Migusch., A^{b}GD under the influence of N-HMM (nitrosomethyl urea), the complete homologue showed phenomenal both phenotypic and certain genotypic similarity to soft wheat and easily crosses with the varieties of the latter. Later, the homologous form of soft wheat obtained from it under the influence of colchicine, despite its phenotypic proximity to the latter, looked like an intermediate form. Sponta-neous macromutants "soft wheat" are shown, isolated, in the first case, from T. kiharae plants that have previously changed color, and, in the second, from the so-called intermediate form. The identified soft wheat macromutants were significantly superior in their production characteristics to the original T. kiharae and can also be used as a starting material to improve the characteristics of T. aestivum.