

ВВЕДЕНИЕ

Коллекция генетического разнообразия рода *Triticum* L., сохраняемая в Федеральном исследовательском центре Всероссийском институте генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова, ВИР – основной источник исходного материала, используемого для проведения фундаментальных исследований и селекции в России. Путем выписки нового материала из генетических банков семян других стран, разностороннего изучения коллекционных образцов и привлечения в нее отечественных селекционных достижений она постоянно пополняется и совершенствуется.

Цель публикации настоящего Каталога: привлечь внимание селекционеров к новому исходному материалу – первичной синтетической гексапloidной пшенице.

Известно, что в генотипе предка мягкой пшеницы *T. aestivum* L. ($2n = 6x = 42$, *BBAADD*) объединилось разнообразие ограниченного числа представителей видов-доноров геномов *A*, *B* и *D* (Feldman, 2001). Получение синтетической гексапloidной пшеницы, представленной большим числом новых искусственных амфидиплоидов от скрещивания представителей различных видов тетрапloidных пшениц ($2n = 4x = 28$, *BBAA*) с многочисленными образцами вида *Aegilops tauschii* Coss. ($2n = 2x = 14$, *DD*) и последующего удвоения хромосом при обработке колхицином или спонтанно, создало условия для изменения этой ситуации. Благодаря тому, что синтетическая пшеница имеет такой же уровень полидности и геномный состав, что и мягкая пшеница, и легко скрещивается с ней, появилась возможность существенно обогатить генофонд мягкой пшеницы аллелями генов не только тетрапloidной пшеницы, эволюция которой имеет более длительную историю, чем эволюция мягкой пшеницы, но и дикого предка, который еще существует в природе и сохранен в *ex situ* коллекциях.

Массовое получение образцов синтетической гексапloidной пшеницы было начато в СИММЫТ (Мексика) в конце 1970-х гг. Технология и результаты изучения созданного материала описаны (Mujeeb-Kazi, Kimber, 1985; Mujeeb-Kazi, Hettel, 1995; Mujeeb-Kazi, Rosas, Roldan, 1996; Mujeed-Kazi, 2003). Набор из 36 линий этой пшеницы из списка «Elite I» (Mujeeb-Kazi, Fuentes-Davila et al., 2000) был получен в Коллекцию генетических ресурсов растений ВИР из США (Wheat Genetic and Genomic Resources Center at Kansas State University) в 2006 г. по заявке отдела ГР пшеницы с целью пополнения коллекции и определения возможности использования синтетической пшеницы для расширения генетического разнообразия возделываемых российских сортов.

В таблице 1 содержатся паспортные данные 36 образцов синтетической гексапloidной пшеницы. Для каждого образца указаны

номер по каталогу ВИР, родословная, в которой дано название тетрапloidного компонента, а именно сорта или линии твердой пшеницы (*T. durum* Desf.), участвовавших в скрещиваниях в качестве материнской формы, с *Ae. tauschii*, образцы которого были использованы как отцовские формы. Идентификационные номера образцов *Ae. tauschii* приведены в скобках, где аббревиатура WX указывает на принадлежность образца к коллекции CIMMYT, а ТА – к коллекции Wheat Genetic and Genomic Resources Center. В таблице 1 также перечислены другие идентификационные номера для образцов, которые широко изучают и используют в мире, но в публикациях не всегда содержатся сведения об их родословных. Это сделано для того, чтобы облегчить понимание, о каком образце синтетической пшеницы идет речь в той или иной публикации, и присутствует ли этот образец в коллекции ВИР.

Привлеченные в коллекцию ВИР образцы синтетической гексапloidной пшеницы прошли карантинную проверку, размножение и полевое изучение в условиях Северо-Западного (г. Павловск, Интродукционно-карантинный питомник ВИР и г. Пушкин, опытное поле ВИР) и Северо-Кавказского (Республика Адыгея, г. Майкоп, Интродукционно-карантинный питомник) сельскохозяйственных регионов России в 2007–2009, 2011 и 2014 гг. Результаты изучения представлены в настоящем каталоге.

Посев образцов синтетической гексапloidной пшеницы на опытном поле ВИР (г. Пушкин, 2008–2009 гг.) проводили весной, вручную. Образец высевали на двух рядках длиной в один погонный метр каждый, расстояние между рядками 15 см. Число семян на рядок 25–30 штук. Обработку почвы, внесение удобрений и уход за растениями осуществляли в соответствии с общепринятыми агротехническими правилами для данной зоны. Фенологические наблюдения, полевую и лабораторную оценку образцов по морфологическим и хозяйственно полезным признакам проводили в соответствии с Методическими указаниями ВИР (Мережко и др., 1999). Использовали также шкалы, приведенные в Широком унифицированном классификаторе СЭВ рода *Triticum* L. (1989). Для лабораторного анализа высоты растений и компонентов продуктивности использовали по 10 растений каждого образца.

Для идентификации и контроля подлинности образцов в *ex situ* коллекциях, в том числе искусственно полученных первичных пшенично-эгилопсных амфидиплоидов, важно иметь их точное описание, прежде всего, по морфологическим признакам растения, колоса и зерновки. Изученные 36 образцов проявили как сходство, так и различия по многим из них. Следует отметить, что при репродуцировании среди растений (примерно у половины образцов) наблюдали появление единичных более

позднеспелых растений, которые по фенотипу отличались от остальных. Эти растения при описании образцов не учитывали.

Для всех изученных образцов характерными сходными признаками были полустоячая форма куста на стадии кущения, редкое опушение 1-го листа, веретеновидная форма колоса, отсутствие воскового налета на колосе, преимущественно частично открытые и открытые типы цветения, трудный обмолот. При созревании соломина у растений образцов была полой и желтоокрашенной.

Характеристики образцов по различающимся морфологическим признакам приведены в таблицах 2–4.

В таблице 2 представлены данные по окраске колеоптиле, лигулы и ушек флагового листа, длине и ширине пластинки флагового листа и его положению в начале цветения. Согласно принятой классификации, окраска колеоптиле, лигулы и ушек варьировала от бледно-зеленой и зеленой до фиолетовой или темной красно-фиолетовой. Пластинка флагового листа у образцов была длинной (14,1–18,0 см) или очень длинной (>18,1 см), при этом широкой (1,1–1,4 см) или очень широкой (>1,4 см). Лишь у двух образцов к-65505 и к-65508 отмечено вертикальное положение флагового листа в начале цветения, в то время как у большинства образцов – отклоняющееся или горизонтальное.

В таблице 3 описаны различия по ломкости стержня колоса, текстуре, остистости-безостости, опушению и окраске колосковой чешуи, формам плеча и килевого зубца колосковой чешуи. У большинства образцов стержень колоса был ломким. Степень ломкости варьировала от слабой до сильной. Практически у всех образцов текстура колоса была грубой, колосья полуостистые и остистые. У 21 образца присутствовало опушение на колосковой чешуе. По форме плечо колосковой чешуи было приподнятым или прямым, у образца к-65499 оно отсутствовало. Большая часть образцов имела серо-коричневую окраску колоса, которую можно отнести к отличительной особенности изучаемого набора образцов синтетической гексапloidной пшеницы.

В таблице 4 приведены данные по окраске пыльников, форме зерновки и ее бороздки, которые влияют на выход муки при размоле, а также окраске зерновки. Все образцы, кроме к-65499 и к-65500, имеют красную окраску. Названные образцы – белозерные. Известно, что твердая пшеница может быть белозерной, краснозерной и фиолетовозерной (Дорофеев и др., 1979). В литературе мы нашли информацию лишь о краснозерных *Ae. tauschii* (Chhneja, 2010; Li et al., 2010). Если учесть, что красная окраска зерновки – доминантный признак, то появление белой окраски зерновки у синтетической пшеницы можно объяснить или ингибированием действия гена *R-D1* эгилопса, или потерей участка или целой хромосомы 3D, в которой этот ген расположен (Хлесткина, 2012).

Все привлеченные в коллекцию ВИР образцы синтетической гексапloidной пшеницы имеют яровой тип развития, поэтому посев образцов на полях Интродукционно-карантинных питомников г. Павловск (2007 г.) и г. Майкоп (2008 г.), а также на поле ВИР (г. Пушкин, 2008 и 2009 гг.) проводили весной, в оптимальные сроки, принятые для Ленинградской обл. и республики Адыгея. Погодные условия в обоих пунктах изучения в указанные годы были благоприятными для вегетации растений, за исключением 2008 г. в г. Пушкин, когда количество осадков за период с мая по июль составило от 8,3 до 33% от нормы. Недостаток атмосферных осадков мог быть одним из факторов, который повлиял на продолжительность периода всходы-колошение или всходы-цветение у образцов синтетической пшеницы. Таблица 5 содержит информацию о продолжительности фаз развития всходы-колошение и всходы-созревание у 35 образцов (не изучали образец к-65488).

В таблицах 6 и 7 приведены данные по высоте растения и признакам продуктивности. По высоте растения изученные образцы можно объединить в три группы: полукарлики (51–80 см), среднерослые (81–110 см) и высокорослые (111–140 см), при этом большинство из них проявили среднюю устойчивость к полеганию. Выявлены различия образцов также по числу зерен в колосе, массе 1000 зерен и другим признакам. Так масса 1000 зерен при изучении в г. Павловск (2007 г.) изменялась от 35 до 58 г, в г. Пушкин (2008 г.) от 43,4 до 60,6 г. Синтетические гексапloidные пшеницы, возможно, являются донорами новых аллелей генов, контролирующих высокую массу 1000 зерен.

В таблицах 8 и 9 показана степень поражения образцов синтетической гексапloidной пшеницы вредоносными болезнями, вызванными следующими возбудителями: *Puccinia graminis* Pers.: Pers. subsp. *graminis* – стеблевая ржавчина, *Puccinia triticina* Erikss. – бурая ржавчина, *Puccinia striiformis* Westend. – желтая ржавчина, *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* Golovin. – мучнистая роса, *Septoria* sp. – септориоз, *Alternaria* sp. – альтернариоз, *Helminthosporium tritici-repentis* Died. – гельминтоспориоз листьев, стебля и колоса. Оценка образцов сделана на интродукционно-карантинных питомниках ВИР. Устойчивость образцов к вредоносным болезням определяли на естественном инфекционном фоне. Степень поражения растений дана в баллах, где 1 – очень слабое поражение; 3 – слабое; 5 – среднее, 7 – сильное, 9 – очень сильное; 0 – нет поражения.

В полевых условиях выявлена дифференциация образцов синтетической гексапloidной пшеницы по степени поражения бурой ржавчиной, мучнистой росой и септориозом. Очень слабое поражение бурой ржавчиной имели образцы к-65484, к-65492, к-65497, к-65498, к-65514, а мучнистой росой на обоих пунктах изучения – к-65510.

В настоящем выпуске каталога мы посчитали целесообразным привести литературные сведения по составу компонентов высокомолекулярного глютенина у изученных 36 образцов (Rascheed et al., 2012), поскольку эти белки играют большую роль в определении хлебопекарного качества муки (табл. 10). Эти сведения можно использовать при подборе родительских форм для скрещивания и улучшения состава высокомолекулярного глютенина у сортов мягкой пшеницы.

В каталоге приведены также белковые формулы электрофоретических спектров запасного белка зерновки – глиадина (табл. 11), которые характеризуют разнообразие образцов и могут быть использованы для их регистрации и идентификации. Для изучения глиадина образцы синтетической пшеницы были репродуцированы на поле ВИР (г. Пушкин) в 2009 г. По каждому образцу исследовали отдельные зерновки у 5–10 растений. Электрофоретический анализ глиадина в вертикальных пластинах 6,5% ПААГ (буфер 0,013М уксусная кислота, pH 3,1) проводили по методике, принятой в отделе биохимии и молекулярной биологии ВИР (Конарев и др., 1975). Идентификацию компонентов и запись белковых формул делали в соответствии с эталонным спектром (Идентификация сортов и регистрация генофонда культурных растений по белкам семян, 2000). В качестве стандарта использовали сорт озимой мягкой пшеницы Мироновская 808. В наиболее полном виде суммарный электрофоретический спектр глиадина синтетической гексаплоидной пшеницы включал следующие компоненты: α 23456₁₆27₁2, β 12₂3₁3234₁4₂5₁5₂, γ 12₂2334₁4₂5, ω 232334₁4₂435₁5₂6₁62637₁7₂8₁829₁9₂310₁10₂. В тех случаях, когда компоненты были представлены двумя или тремя субкомпонентами, для обозначения последних использовали нижний индекс при сохранении основной позиции компонента. При выявлении нескольких различных спектров в пределах одного образца, каждый из них получил обозначение римскими цифрами от I до IV.

Чтобы вызвать интерес к созданию новых синтетических пшениц и активнее использовать уже имеющийся генофонд в практической селекции, список литературы также дополнен обзорными статьями (Van Ginkel, Ogbonnaya, 2007; Trethowan, van Ginkel, 2009; Ogbonnaya et al., 2013; Li et al., 2018), в которых рассматривается весь комплекс проблем, связанных с созданием, изучением и использованием синтетических пшениц в мире.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	5
<i>Таблица 1.</i> Паспортные данные образцов первичной синтетической гексапloidной пшеницы, включенных в коллекцию ВИР	10
<i>Таблица 2.</i> Окраска колеоптиле и морфологические характеристики листа образцов первичной синтетической гексапloidной пшеницы, включенной в коллекцию ВИР (г. Пушкин, 2008 г.).....	12
<i>Таблица 3.</i> Морфологические признаки колоса у образцов синтетической гексапloidной пшеницы, включенной в коллекцию ВИР (г. Пушкин, 2009 г.).....	15
<i>Таблица 4.</i> Окраска пыльников и некоторые морфологические признаки зерновки образцов синтетической гексапloidной пшеницы, включенной в коллекцию ВИР (г. Пушкин, 2008 г.).....	17
<i>Таблица 5.</i> Продолжительность периодов всходы-колошение и всходы-созревание (цветение) у образцов синтетической гексапloidной пшеницы в условиях Северо-Западного и Северо-Кавказского регионов РФ	18
<i>Таблица 6.</i> Высота растения и признаки продуктивности у образцов синтетической гексапloidной пшеницы, включенной в коллекцию ВИР (г. Павловск, 2007 г.).....	20
<i>Таблица 7.</i> Высота растения и признаки продуктивности у образцов синтетической гексапloidной пшеницы, включенной в коллекцию ВИР (г. Пушкин, 2008 г.).....	22
<i>Таблица 8.</i> Степень поражения (баллы) образцов синтетической гексапloidной пшеницы на естественном инфекционном фоне вредоносными болезнями (г. Павловск, Интродукционно-карантинный питомник ВИР, 2007 г.).....	24
<i>Таблица 9.</i> Степень поражения (баллы) образцов синтетической гексапloidной пшеницы на естественном инфекционном фоне вредоносными болезнями (г. Майкоп, Интродукционно-карантинный питомник ВИР, 2008 г.)	25
<i>Таблица 10.</i> Состав субъединиц высокомолекулярного глютенина и аллели генов, кодирующих эти белки, у образцов синтетической гексапloidной пшеницы, включенной в коллекцию ВИР (по Rasheed et al., 2012 г.)	27
<i>Таблица 11.</i> Белковые формулы глиадина образцов синтетической пшеницы ..	28
Список литературы.....	34