

УДК 631.527.5:633.11/14

ГИБРИДИЗАЦИЯ МЕЖДУ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ПШЕНИЦЕЙ И РОЖЬЮ

¹Гадималиева Г.А., ²Керимова Р.К., ¹Аминов Н.Х.

¹Институт генетических ресурсов НАНА, Баку, e-mail: mora271976@gmail.com;

²Азербайджанский медицинский университет, Баку, e-mail: renakerimova65@gmail.com

Синтетические пшеницы, полученные от скрещивания различных образцов тетраплоидной пшеницы с образцами *Ae. tauschii*, являются важным источником генетического разнообразия для улучшения и создания новых сортов мягкой пшеницы (*T. aestivum*). Некоторыми учеными скрещивания синтетических пшениц с рожью посредством обычной половой гибридизации рассматриваются как один из методов получения гексаплоидных тритикале. Данная статья посвящена оценке скрещиваемости 6 синтетических гексаплоидных пшениц (LANGDON/KU-2098, LANGDON/KU-2159, LANGDON/KU-2829A, LANGDON/KU-20-10, LANGDON/KU-2079 и LANGDON/KU-2093) с 5 генотипами, принадлежащими 3 местным видам ржи (*S. segetale*, *S. cereale* и *S. vavilovii*) и получению новых форм тритикале. Скрещивания проводили без гормональной или колхициновой обработок. В результате проведенных гибридизационных работ гибридные растения F₁ получены только в комбинациях с участием 2 синтетических линий LANGDON/KU-2093 и LANGDON/KU-2079 и образцов 2 видов ржи – *S. cereale* и *S. vavilovii*. В нашем опыте получение фертильных гибридных растений обычной половой гибридизацией от скрещивания синтетических линий LANGDON/KU-2093 и LANGDON/KU-2079 с рожью, может быть результатом как генетической нестабильности данных линий, так и генотипическими особенностями, включая гены мейотической реституции или полиплоидизации, образцов подвида *Aegilops tauschii* ssp. *strangulata* из прикаспийских зон.

Ключевые слова: синтетическая пшеница, рожь, гибридизация, тритикале, фертильность

HYBRIDIZATION BETWEEN SYNTHETIC WHEAT AND RYE

¹Gadimalieva G.A., ²Kerimova R.K., ¹Aminov N.Kh.

¹Genetic Resources Institute of ANAS, Baku, e-mail: mora271976@gmail.com;

²Azerbaijan Medical University, Baku, e-mail: renakerimova65@gmail.com

Synthetic wheats, derived from crosses between different tetraploid wheat and *Ae. tauschii* genotypes, are the important sources for genetic diversity and improvement or generating of new bread wheat varieties (*T. aestivum*). Crossing of synthetic wheat with rye through conventional sexual hybridization, are considered by several scientists as one of the methods for obtaining hexaploid triticale. This article is devoted to the evaluation of the crossability of 6 synthetic hexaploid wheat (LANGDON / KU-2098, LANGDON / KU-2159, LANGDON / KU-2829A, LANGDON / KU-20-10, LANGDON / KU-2079 and LANGDON / KU-2093) genotypes belonging to 3 local species of rye (*S.segetale*, *S.cereale* and *S.vavilovii*) and to the obtaining new forms of triticale. Crosses were performed without hormonal or colchicine treatments. As a result of the hybridization work, F₁ hybrid plants were obtained only in combinations involving 2 synthetic lines LANGDON / KU-2093 and LANGDON / KU-2079, and accessions of 2 rye species – *S.cereale* and *S.vavilovii*. In our work, the production of fertile hybrid plants by ordinary sexual hybridization from the crossing of synthetic lines LANGDON / KU-2093 and LANGDON / KU-2079 with rye may be possible as the result from both genetic instability of these lines and genotypic features, including the genes of meiotic restitution or polyploidization specific for accessions of the subspecies *Aegilops tauschii* ssp. *strangulata* collected from the Caspian littoral zones.

Keywords: synthetic wheat, rye, hybridization, triticale, fertility

Синтетические пшеницы, полученные от скрещивания различных образцов тетраплоидной пшеницы с образцами *Ae. tauschii*, являются важным источником генетического разнообразия для улучшения и создания новых сортов мягкой пшеницы (*T. aestivum*) [1–3]. По программе, предложенной СИММУТ, большинство «синтетиков» получено на основе скрещивания современной пшеницы *durum* (*T. turgidum* ssp. *durum*) с *Aegilops tauschii* (2n = 14) и последующего удвоения числа хромосом, и лишь небольшое число «синтетиков» создано с участием *T. dicoccoides* и *T. dicoccum* [4]. Помимо использования в селекции мягкой пшеницы, по сравнению с последней «синтетики» сравнительно легко вступают в отдаленную гибридизацию. Еще в конце 70-х в нашем институте получен пшенично-ржаной амфидиплоид посредством

скрещивания синтезированной гексаплоидной пшеницы с сорно-полевой рожью (*S. segetale*) [5]. Этот пшенично-ржаной амфидиплоид, или тритикале, был получен в результате обычной половой гибридизации, т.е. без применения гормональных препаратов или колхициновой обработки и искусственных питательных сред для выращивания зародышей. Данное тритикале отличается высоким потенциалом формообразования, что послужило неоднократно привлечению в скрещивания с различными видами пшениц [6, 7]. Фертильность гибридов, полученных от скрещивания синтетических пшениц с рожью посредством обычной половой гибридизации, дала возможность Хао с сотрудниками в 2013 г. указать на гибридизацию синтетических пшениц с рожью как на один из методов получения гексаплоидных тритикале [8].

Целью нашего исследования была оценка скрещиваемости некоторых синтетических пшениц с местными видами ржи и получение новых форм тритикале.

Материалы и методы исследования

Материалом нашего исследования служили 6 синтетических гексаплоидных пшениц (LANGDON/KU-2098, LANGDON/KU-2159, LANGDON/KU-2829A, LANGDON/KU-20-10, LANGDON/KU-2079 и LANGDON/KU-2093), созданных в Институте Киото (Япония), и 5 образцов, принадлежащих 3 местным видам ржи (*S. segetale*, *S. cereale* и *S. vavilovii*). Кастрацию колосьев проводили по общепринятой методике. Кастрированные колосья опыляли методом ограниченно-свободного опыления [9], гормональная или колхициновая обработки не применялись. Определяли завязываемость и жизнеспособность гибридных зёрен (F_0) и фертильность колоса у растений первого поколения (F_1). Посев образцов и их гибридов проводили вручную, растения убирали с корнями. Опыты закладывались на Апшеронской экспериментальной базе (Баку) Института генетических ресурсов НАНА, расположенной на Апшерон-

ском полуострове, на высоте 64 м над уровнем моря. На климат Апшерона большое влияние оказывает Каспийское море и прилегающие к полуострову полупустынные равнины. Эта зона является почти самой засушливой в пределах республики. Она характеризуется сухим субтропическим климатом и минимальным количеством осадков в течение вегетационного периода зерновых злаков. Среднегодовая многолетняя температура воздуха +14,4°C, почвы +17°C, относительная влажность воздуха – 70%. Наиболее жаркие месяцы – июль (в среднем +25,4°C), август (в среднем +25,5°C). Зима мягкая, теплая со среднемесячной температурой января +3,4°C и февраля +3,8°C. Среднегодовое количество осадков – около 200 мм с наибольшим выпадением их весной и осенью. Среднегодовая относительная влажность мая – 65%, июня – 61%. Характерным для зоны является наличие сильных северных ветров, так называемых «нордов», господствующих во все времена года. Среднегодовая скорость ветра 6,1 м/сек, что отрицательно влияет на рост и развитие растений пшеницы, особенно в период налива и созревания, когда скорость ветра в среднем достигает 10–12 м/сек. Почвы Апшеронской экспериментальной базы серо-бурые солонцеватые, тип засоления хлоридный [10].

Скрещиваемость синтетических пшениц с рожью

№ п/п	Комбинация скрещивания	Опылено цветков	Завязалось зерен (%)	Всхожесть (%)	Фертильность растений F_1 (%)
1	LANGDON/KU-2098× <i>S. segetale</i>	112	2,94	1	0
2	LANGDON/KU-2098× <i>S. cereale</i>	104	2,88	0	–
3	LANGDON/KU-2159× <i>S. segetale</i>	94	20,21	5,55	0
4	LANGDON/KU-2159× <i>S. cereale</i>	100	11	0	–
5	LANGDON/KU-2829A× <i>S. segetale</i>	156	54,82	0	–
6	LANGDON/KU-20-10× <i>S. cereale</i>	208	14,42	0	–
7	LANGDON/KU-2093× <i>S. vavilovii</i>	108	61,11	10,61	5
8	LANGDON/KU-2093× <i>S. cereale</i>	108	55,55	16,67	1,72
9	LANGDON/KU-2079× <i>S. cereale</i>	94	55,45	22,73	2
10	LANGDON/KU-2079× <i>S. cereale</i>	110	72,34	8	0



Рис. 1. Родительские формы и гибриды F_1 (слева направо – P_1 , F_1 , P_2) комбинаций LANGDON/KU-2079×*S. cereale*, LANGDON/KU-2093×*S. cereale* и LANGDON/KU-2093×*S. vavilovii*



Рис. 2. а) колосья с опушением и без опушения под колосом в пределах одного растения в F_1 из комбинации LANGDON/KU-2093 \times *S.vavilovii*; б) гетероморфность синтетической линии LANGDON/KU-2093 и F_1 растений, полученных с ее участием

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты скрещивания синтетических гексаплоидных пшениц с рожью по 10 комбинациям приведены в таблице. Как видно из таблицы, показатели завязываемости, всхожести гибридных зерен F_0 и фертильности растений F_1 в комбинациях скрещивания обусловлены генотипическими особенностями «синтетиков» и образцов ржи. Так, в комбинациях скрещивания LANGDON/KU-2098 \times *S. segetale* и LANGDON/KU-2098 \times *S. cereale*, завязываемость гибридных зерен одинаково низка по сравнению с другими комбинациями. При этом, несмотря на всхожесть гибридных зерен в первой комбинации, все растения погибли в фазе трех листьев. В отличие от вышеприведенных комбинаций, завязываемость гибридных зерен в комбинациях LANGDON/KU-2159 \times *S. segetale* и LANGDON/KU-2098 \times *S. cereale* была относительно выше, но показатели различались – в первой комбинации она была выше приблизительно в два раза, чем во второй комбинации. И также, несмотря на всхожесть гибридных зерен в первой комбинации и, в отличие от гибридов в комбинации LANGDON/KU-2098 \times *S. segetale*, завершение вегетационного развития растений F_1 , последние оказались стерильными. Следует отметить, что синтетические линии LANGDON/KU-2098

и LANGDON/KU-2159 получены от гибридизации *T. durum* cv. Langdon с образцами *Aegilops tauschii*, собранных из западной прикаспийской зоны Ирана. Различие этих двух синтетических линий в показателях завязываемости с одними и теми же генотипами ржи можно объяснить только наличием различий на популяционном уровне у использованных образцов *Aegilops tauschii*. Несмотря на высокое значение завязываемости гибридных зерен в комбинации LANGDON/KU-2829A \times *S. segetale*, зерна оказались не всхожими (синтетическая линия LANGDON/KU-2829A получена от гибридизации *T. durum* cv. Langdon с образцом *Aegilops tauschii*, собранных из Грузии). Относительно низкое значение завязываемости гибридных зерен с отсутствием их всхожести наблюдалось и в комбинации LANGDON/KU-20-10 \times *S. cereale* (синтетическая линия LANGDON/KU-20-10 получен от гибридизации *T. durum* cv. Langdon с образцами *Aegilops tauschii*, собранных из западной прикаспийской зоны Ирана.). Высокими значениями завязываемости и всхожести гибридных зерен F_0 , а также фертильностью растений F_1 отличались только 3 комбинации: LANGDON/KU-2093 \times *S. vavilovii*, LANGDON/KU-2093 \times *S. cereale* и LANGDON/KU-2079 \times *S. cereale*. Синтетические линии пшеницы LANGDON/KU-2093 и LANGDON/KU-2079 получены от гибридизации

T. durum cv. Langdon с образцами *Aegilops tauschii*, собранных из западной и восточной прикаспийских зон Ирана. Гибридные растения F_1 морфологически были промежуточными (рис. 1), с прочными стеблями, утолщенными междоузлиями и узкими листьями, имели высокую кустистость (число стеблей варьировало от 6 до 119). Следует отметить, что растения F_1 из комбинаций LANGDON/KU-2093×*S. vavilovii* и LANGDON/KU-2093×*S. cereale* морфологически были не гомоморфными и отличались по габитусу растений. В первой комбинации наблюдались колосья с опушением и без опушения под колосом в пределах одного растения (рис. 2).

Гетероморфность гибридных растений F_1 в данных комбинациях вероятнее всего является результатом подобного явления у материнской формы LANGDON/KU-2093. В цитогенетических исследованиях Лапочкиной с сотрудниками коллекции синтетических линий выявлена их цитогенетическая нестабильность, выраженная мейотическими нарушениями, пониженным мейотическим индексом и, как следствие, появлением анеуплоидных растений, обуславливающих продолжительный формообразовательный процесс [4].

Таким образом, при скрещивании шести синтетических гексаплоидных пшениц с рожью по 10 комбинациям гибридные растения F_1 получены только в комбинациях с участием двух синтетических линий LANGDON/KU-2093 и LANGDON/KU-2079, и образцов двух видов ржи – *S. cereale* и *S. vavilovii*. Донором D-генома для этих двух гетероморфных синтетических линий, для которых характерен продолжающийся формообразовательный процесс, послужили образцы подвида *Aegilops tauschii* ssp. *strangulata*, произрастающих в западной и восточной прикаспийских зонах Ирана. Как известно, в работах многих исследователей показано, что наиболее вероятным донором D-генома пшеницы является подвид *Aegilops tauschii* ssp. *strangulata*. Ареал этого подвида сравнительно небольшой (Азербайджан, Армения, Юго-Западная Туркмения и примыкающая к ним территория Ирана). Однако чаще всего в качестве предполагаемого донора D-генома указывается *Aegilops tauschii* ssp. *strangulata*, произрастающая в Закавказье и южнозападной прикаспийской зоне Ирана [11]. В нашем опыте получение фертильных гибридных растений обычной половой гибридизацией от скрещивания синтетических линий LANGDON/KU-2093 и LANGDON/KU-2079 с рожью, может быть результатом как генетической нестабильности данных ли-

ний, так и генотипическими особенностями (наличие генов полиплоидизации, мейотической реституции и т.д.) образцов подвида *Aegilops tauschii* ssp. *strangulata* из прикаспийских зон. Известно также, что при образовании тритикале объединение различных геномов в одном ядре сопровождается геномными и эпигеномными изменениями, которые носят неслучайный характер. Генетические изменения включают как транслокации и транспозиции, так и делеции и инсерции, а эпигенетические изменения включают регуляцию неадитивных генов, транскрипцию транспозонов, активацию или инактивацию гомеологических генов и реконструкцию хроматина, приводящую к «диплоидизации» тритикального генома [12]. Исходя из сказанного, синтезированные нами формы тритикале в дальнейшем помимо привлечения в разнообразие скрещивания могут быть подвергнуты цитогенетическим и молекулярно-генетическим исследованиям.

Список литературы

1. Лапочкина И.Ф., Адхам аль Лаббан, Макарова И.Ю., Гайнуллин Н.Р., Жемчужина А.И. Оценка и характеристика образцов коллекции синтетической пшеницы ($2n = 42$) как новых источников устойчивости к бурой ржавчине и мучнистой росе в условиях Нечерноземной зоны РФ // Известия ТСХА. – 2011. – вып.6. – С. 39–48.
2. Jafarzadeh J. Breeding Value of Primary Synthetic Wheat Genotypes for Grain Yield / J. Jafarzadeh, et al. // PLoS ONE. – 2016. – P. 1–24.
3. Yang W., Liu D., Li J., Zhang L., Wei H., Hu X., Zheng Y., He Z., Zou Y. Synthetic hexaploid wheat and its utilization for wheat genetic improvement in China // J. Genet. Genomics, 2009, 36(9): 539–546.
4. Лапочкина И.Ф., Иорданская И.В., Ячевская Г.Л., Адхам аль Лаббан. Цитогенетическое изучение коллекции синтетической пшеницы из Национальной коллекции злаков США // Сельскохозяйственная биология. – 2014. – № 3. – С.77–82.
5. Аминов Н.Х., Мамедов А.Р. Некоторые особенности трёхродовых гибридов (*Triticum* × *Aegilops*) × *Secale* // Материалы VI съезда генетиков и селекционеров Азербайджана. – Баку: Элм, 1981. – С. 26.
6. Алиева А.Дж., Мехтиева С.П., Керимова Р.К. Создание короткостебельных линий с вавилоидным типом колоса и их цитогенетическая характеристика // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – Т. 19, № 1. – С. 91–96.
7. Мехтиева С.П. Формообразовательный процесс при скрещиваниях гексаплоидного тритикале с полбой // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11–6. – С.1191–1196.
8. Hao M., et al. Production of hexaploid triticale by a synthetic hexaploid wheat-rye hybrid method / Hao M., et al. // Euphytica. – 2013. – № 193. – P. 347–357.
9. Коновалов Ю.Б., Березкин А.Н., Долгодворова Л.И. и др. Практикум по селекции и семеноводству полевых культур. – М.: Агропромиздат, 1987. – 367 с.
10. Амирова Ф.Д. Изучение некоторых генетических особенностей измененных форм пшениц на Апшероне: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Баку: Азербайджанский государственный университет имени С.М. Кирова, 1963. – 26 с.
11. Wang J. The origins of wheat D-genome genetic diversity and pinpoint the geographic origin of hexaploid wheat // J. Wang, et al. // New Phytologist. – 2013. – № 198. – P. 925–937.
12. Ma X.F., Gustafson J.P. Genome evolution of allopolyploids: a process of cytological and genetic diploidization // Cytogenet. Genome Res. – 2005. – v. 109, № 1–3. – P. 236–249.