

НАСЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ СЕМЯН, ХАРАКТЕРНОЙ ДЛЯ *FAGOPYRUM CYMOSUM*, В СКРЕЩИВАНИЯХ С *F. TATARICUM*

И.Н. ФЕСЕНКО, доктор биологических наук, <https://orcid.org/0000-0002-3612-422X>

Н.Н. ФЕСЕНКО, кандидат биологических наук, <https://orcid.org/0000-0001-9805-9059>

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

E-mail: ivanfesenko@rambler.ru

Аннотация. Изучен генетический контроль различий между *Fagopyrum cymosum* и *F. tataricum* по форме семян. Исследования проведены на тетраплоидном материале с использованием образца к-4231 *F. cymosum* (семена с гладкими ровными гранями и четко выраженным ребрами) и образца к-108 *F. tataricum* (тип round, генотип smksmk/SPLSPL, семена с бороздкой без шипов). Фертильный амфидиплоид *F. giganteum*, полученный в комбинации к-108 × к-4231, формирует семена с четко выраженным шипом, что свидетельствует о неallelльности рецессивных мутаций, определяющих тип семян родительских видов. Гибриды *F₁* *F. cymosum* × *F. giganteum* также формировали семена с шипами. Среди гибридов *BC₁F₁* *F. cymosum* × *F. giganteum*, расщепляющихся по генам *F. tataricum*, было 20 растений с семенами, аналогичными *F. cymosum* (гладкие грани и четкие ребра), и 21 растение с семенами, характерными для *F. giganteum* (с шипами) ($\chi^2(1:1)=0,02$; $P=0,88$). Таким образом, отсутствие шипов, а также другие характеристики семян *F. cymosum* контролируются одним рецессивным геном, и этот вид может рассматриваться как перспективный источник формы семян, аналогичной *F. esculentum*, в селекционных программах по улучшению татарской гречихи благодаря возможности межвидового обмена генами.

Ключевые слова: гречиха татарская, *Fagopyrum tataricum*, *F. cymosum*, форма семян.

Для цитирования: Фесенко И.Н., Фесенко Н.Н. Наследование формы семян, характерной для *Fagopyrum cymosum*, в скрещиваниях с *F. Tataricum*. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 4 (56):79-84 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-79-84

INHERITANCE OF THE SEED FORM CHARACTERISTIC OF *FAGOPYRUM CYMOSUM* IN CROSSES WITH *F. TATARICUM*

I.N. Fesenko, N.N. Fesenko

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROATS CROPS

Abstract: The genetic control of differences in seed shape between *Fagopyrum cymosum* and *F. tataricum* was studied. The experiments were conducted on tetraploid material using the *F. cymosum* sample k-4231 (seeds with smooth even sides and distinct ribs) and the *F. tataricum* sample k-108 (round type, smksmk/SPLSPL genotype, seeds with a groove without notches). The fertile amphidiploid *F. giganteum* obtained in the combination k-108 × k-4231 forms seeds with clearly defined notches, which indicates the recessive mutations determining the seed type of the parental species are not allelic. Hybrids *F₁* *F. cymosum* × *F. giganteum* also formed seeds with notches. Among the *BC₁F₁* *F. cymosum* × *F. giganteum* hybrids segregating for *F. tataricum* genes, there were 20 plants with seeds similar to *F. cymosum* (smooth sides and distinct ribs) and 21 plants with seeds characteristic of *F. giganteum* (with notches) ($\chi^2(1:1)=0.02$; $P=0.88$). Thus, the absence of notches together with other traits of *F. cymosum* seeds are controlled by a single recessive gene, and this species can be considered as a promising source of a seed form similar to

Keywords: tartary buckwheat, *Fagopyrum tataricum*, *F. cymosum*, seed shape.

Введение

Fagopyrum tataricum Gaertn. (гречиха татарская) – один из двух культивируемых видов гречихи. Она возделывается в горных районах юго-восточной Азии и в условиях низкозатратного земледелия превышает по урожайности гречиху обыкновенную (*F. esculentum* Moench.). В Китае площади под татарской гречихой составляют примерно треть от всех площадей под гречихой [1, 2, 3].

Зерно большинства образцов *F. tataricum* имеют массивную и трудноотделимую оболочку, в связи с чем мало пригодно для обрушиивания [4, 5]: чаще всего оно вместе с оболочками размалывается в муку, используемую для приготовления лапши и кондитерских изделий. Эта мука, как и крупа из гречихи обыкновенной, почти идеально сбалансирована по аминокислотному составу и не содержит клейковины. Кроме того, она существенно превосходит зерно *F. esculentum* по содержанию флавоноидов; например, содержание рутина в семенах *F. tataricum* составляет 0,8-1,7%, что приблизительно в 100 раз превышает аналогичный показатель *F. esculentum* (около 0,01%) [6]. Это делает гречиху татарскую особо ценным компонентом диетического и лечебного питания, в частности, при диабете, сердечно-сосудистых заболеваниях и аллергии на продукты из пшеницы [7, 8].

В рамках внутривидовой изменчивости татарской гречихи существуют образцы с так называемым «рисовым (rice)» типом зерна, относительно низкопленчатые и более пригодные для обрушиивания [5, 9]. Такой тип семян контролируется двумя рецессивными генами, *smk* и *spl* [9], причем рецессивная гомозигота только по локусу *SMK* обуславливает отсутствие шипов на семенах (тип «round»), поэтому в скрещивании *rice* × *round* в *F₂* получено моногенное расщепление (3 *round* : 1 *rice*) [9, 10].

Дополнительным источником изменчивости для *F. tataricum* может служить дикий многолетний вид *F. cymosum* Meisn., формирующий семена с ровными гранями и четко выраженными ребрами (как у *F. esculentum*). Гибрид *F. tataricum* × *F. cymosum* на тетрапloidном уровне впервые был получен А.С. Кротовым и Е.Т. Драненко (1973). Полученный амфидиплоид оказался стабильным и получил статус видовой формы *F. giganteum* Krotov. Эта работа была продолжена: были получены сначала гибриды *F. tataricum* (4x) × *F. giganteum* [11], и затем – реципрокные гибриды *F. giganteum* с обоими родительскими формами [12].

Для планирования использования дикого вида *F. cymosum* в качестве донора формы семян для *F. tataricum* необходима информация о генетическом контроле межвидовых различий по этому признаку. **Цель работы** – изучение генетического контроля различий между *F. cymosum* и *F. tataricum* по форме семян.

Материал и методика

Растительный материал

Исследования проведены на тетрапloidном материале в связи с более высокой фертильностью межвидовых гибридов (по сравнению с диплоидами). При скрещивании амфидиплоида *F. giganteum* с любым из родительских видов получаются гибриды, несущие три набора хромосом одного вида и один набор – другого вида. Таким образом, в мейозе таких беккроссов два гаплоидных набора рекуррентного родителя *a priori* не участвуют в межвидовой рекомбинации, что, вероятно, заметно увеличивает долю жизнеспособных гамет. И, хотя фертильность достаточно низка, как правило, удается получить некоторое количество семян для генетического анализа.

В эксперименте были использованы следующие образцы:

F. cymosum: к-4231, гетеростильный тетрапloidный образец;

F. giganteum: в работе использован амфидиплоид, полученный нами в комбинации *F. tataricum* (к-108*) × к-4231.

*образец к-108 *F. tataricum* представляет собой тетрапloidный аналог образца к-17, генотип по форме семян *smksmkSLGSLG* (тип *round*).

Схема эксперимента

Для получения популяции, расщепляющейся по генам *F. tataricum* были выполнены следующие скрещивания.

1) Гибридизация *F. cymosum* (Д) \times *F. giganteum* (К). Было проведено четыре серии скрещиваний с участием разных растений. В трех из них завязываемость оказалась нулевой. В четвертой получено 5 выполненных гибридных семян.

2) Среди полученных гибридов отобраны длинностолбчатые растения, которые были в контролируемых условиях опылены пыльцой короткостолбчатых растений образца к-4231 *F. cymosum*.

Полученные таким образом тетраплоидные гибриды BC_2F_1 *F. cymosum* (к-4231) \times *F. tataricum* (к-108) высеваны по схеме 10x20 см. В связи с позднеспелостью данного материала генетический анализ по форме семян проведен в сентябре, после созревания некоторого количества семян на растениях.

Результаты и обсуждение

Анализ наследования формы семян в скрещиваниях между *F. tataricum* и *F. cymosum*.

Анализировали гибриды между тетраплоидными образцами к-108 *F. tataricum* и к-4231 *F. cymosum*. В комбинации к-108 \times к-4231 получен фертильный амфидиплоид, аналогичный по геномному составу искусственной видовой форме *F. giganteum* Krotov. Линия к-108 (тетраплоидный аналог линии к-17) формирует семена с бороздкой без шипов (тип round, генотип *smkstmk/SPLSPL*) (рис. 1 г), но с более грубой оболочкой, чем у диплоидного аналога. Семена *F. cymosum* имеют гладкие ровные грани и четко выраженные ребра (рис. 1 а). Искусственный амфидиплоид формирует семена типа «notched» с четко выраженными шипами (рис. 1 в), то есть происходит восстановление доминантного типа. Таким образом, рецессивные мутации, вызывающие отсутствие скульптурных образований (шипов или «зарубок») на оболочке плода у *F. cymosum* и *F. tataricum* неаллельны. Гибриды F_1 *F. cymosum* \times *F. giganteum* также формировали семена с шипами (рис. 1 б).

Дальнейший генетический анализ проведен на гибридах BC_1F_1 *F. cymosum* \times *F. giganteum* (гибриды F_1 *F. cymosum* \times *F. giganteum* опыляли пыльцой *F. cymosum*: получено расщепление по генам *F. tataricum*, аналогичное расщеплению при анализирующем скрещивании). Среди этих гибридов 20 формировали семена, аналогичные семенам образца к-4231 (гладкие ровные грани и четко выраженные ребра) (рис. 2), и 21 – аналогичные семенам, характерным для *F. giganteum*, то есть с выраженными скульптурными образованиями (рис. 3). Это свидетельствует о рецессивном моногенном контроле типа семян, характерного для образца к-4231 *F. cymosum* ($\chi^2(1:1)=0,02$; $P=0,88$).

Семена *F. cymosum* аналогичны семенам возделываемого в качестве крупяной культуры *F. esculentum*: ровные грани и четко выраженные ребра. Простое наследование такого типа семян в скрещиваниях с *F. tataricum* делает *F. cymosum* перспективным источником этого признака в селекционных программах по татарской гречихе. Кроме того, показано, что рецессивные гены, определяющие тип семян видов *F. esculentum* и *F. cymosum* функционально аллельны [13]. Это означает, что, несмотря на невозможность обмена генами между *F. esculentum* и *F. tataricum*, можно получить вариант *F. tataricum*, формирующий зерно, по форме аналогичное зерну *F. esculentum*, причем на такой же генетической основе.

Заключение

Отсутствие шипов (зарубок) на семенах *F. cymosum* обусловлено одним рецессивным геном. Поскольку существует возможность обмена генами между *F. cymosum* и возделываемым видом *F. tataricum*, *F. cymosum* может рассматриваться как перспективный источник селекционно-ценного варианта формы семян в программах по улучшению татарской гречихи.



Рис. 1 а Семена к-4231 *F. cymosum*



Рис. 1 б Семена F₁ (*F. cymosum* × *F. giganteum*)



Рис. 1 в Семена *F. giganteum* (к-108 × к-4231)



Рис. 1 г Семена к-108 *F. tataricum*



Рис. 2. *F. cymosum*-подобные семена некоторых индивидуальных растений BC₁F₁ *F. cymosum* (к-4231) × *F. giganteum*



Рис. 3. *F. giganteum*-подобные семена некоторых индивидуальных растений BC_1F_1 *F. cymosum* (κ-4231) \times *F. giganteum*

Литература/References

1. Lin R., Tao Y., Li X. Preliminary division of cultural and ecological regions of Chinese buckwheat. Proc. 5th Intl. Symp. Buckwheat at Taiyuan, 1992, pp. 29-35.
2. Campbell C. Buckwheat crop improvement. *Fagopyrum*, 2003, V.20, pp. 1-6.
3. Wang Y.J., Campbell C. Buckwheat production, utilization and research in China, *Fagopyrum*, 2004, V.21, pp. 123-133.
4. Hirose T., Yoshida M., Nemoto K., Kitabayashi H., Minami M., Matano T., Sherchand K.K., Ujihara A. Diversity of grain character of Tartary buckwheat in Nepal, Proc. 6th Intl. Symp. Buckwheat at Ina, 1995, V.1, pp. 385-388.
5. Mukasa Y., Suzuki T., Honda Y. Hybridization between ‘Rice’ and normal Tartary buckwheat and hull features in the F₂ segregates, Proc. 10th Intl. Symp. Buckwheat at Yangling, 2007, pp.152-154.
6. Fabjan, N, Rode J., Joze, Koir I.J., Wang Z., Zhang Z., Kreft I. Tartary buckwheat as a source of dietary rutin and quercitrin, *J. Agric. Food Chem*, 2003, V. 51, p. 6452-6455.
7. Lin R.F., Song J.C. To the point of Tartary buckwheat, In: Lin, R. and K. Ikeda (eds.) Proc. Intl. Forum on Tartary Buckwheat Industrial Economy. *China Agricultural Science and Technology Press*, 2006, pp. 3-4.
8. Tang Y., Sun J., Peng D., Liu J. Nutritive value of Sichuan Tartary buckwheat and its development and utilization, In: Lin, R. and K. Ikeda (eds.) Proc. Intl. Forum on Tartary Buckwheat Industrial Economy. *China Agricultural Science and Technology Press*, 2006, pp. 10-15.
9. Fesenko I.N. Genes SMK (smooth kernel) and SLP (split) determine the quantitative distinctions between different forms of seeds of *F. tataricum*, *Fagopyrum*, 2010, V. 27, pp. 9-11.
10. Wang Y., Campbell C. Tartary buckwheat breeding (*Fagopyrum tataricum* L. Gaertn.) through hybridization with its Rice-Tartary type, *Euphytica*, 2007, V.156, pp. 399-405.
11. Fesenko I.N., Fesenko N.N. Study of F₂ generation of interspecific hybrid in combination *Fagopyrum tataricum* × *F. giganteum*, Proc. 7th Intl. Symp. Buckwheat at Winnipeg, 1998, Part 6, pp. 36-40.
12. Fesenko I.N., Fesenko N.N., Ohnishi O. Compatibility and congruity of interspecific crosses in *Fagopyrum*, Proc. 8th Int. Symp. Buckwheat at Chunchon, 2001, V.1, pp. 404-410.
13. Fesenko I.N., Bondarev N.I., Rezunova O.V., Evsyuticheva D.E., Fesenko A.N. Hybridization with *Fagopyrum cymosum* Meisn. as a way to make cultivated Tartary buckwheat (*F. tataricum* Gaertn.) with grain characteristics typical for common buckwheat (*F. esculentum* Moench.), *Breeding Science*, 2022, V. 72, pp. 232-237.