Аграрный научный журнал. 2021. № 12. С. 32–35
Agrarian Scientific Journal. 2021;(12):32–35

АГРОНОМИЯ

Научная статья
УДК 633.854.78:631.527
doi: 10.28983/asj.y2021i12pp32-35

Генетика формы язычковых цветков у подсолнечника (*Helianthus annuus* L.)

Людмила Геннадиевна Курасова[1], Сергей Петрович Кудряшов[2], Андрей Юрьевич Буенков[2], Елена Александровна Константинова[2], Юрий Викторович Лобачев[1]
[1]Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[2] ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов, Россия
kurasova-ludmila@yandex.ru

Аннотация. При использовании гибридологического и изогенного анализов изучена аллельность генов, контролирующих форму язычковых цветков у четырех почти изогенных линий подсолнечника. Установлено, что рецессивные аллели *fs* и *fn*, контролирующие соответственно короткие и узкие язычковые цветки принадлежат к разным локусам, причем аллели *fs* и *fn* взаимодействуют между собой по комплементарному типу. Рецессивные аллели *fn* и *ftw*, контролирующие соответственно узкие и скрученные язычковые цветки принадлежат к разным локусам, причем аллели *fs* и *ftw* взаимодействуют между собой по комплементарному типу. Рецессивные аллели *fn* и *ft* контролирующие соответственно узкие и трубчатые язычковые цветки принадлежат к разным локусам, причем аллели *fn* и *ft* взаимодействуют между собой по комплементарному типу. Эти рецессивные гены можно использовать для создания новых сортов и гибридов декоративного подсолнечника, а также для маркирования сортов и гибридов подсолнечника масличного, грызового, кондитерского и силосного направления использования.

Ключевые слова: подсолнечник; форма язычковых цветков; генотип; скрещивание; наследование.
Для цитирования: Курасова Л. Г., Кудряшов С. П., Буенков А. Ю., Константинова Е.А., Лобачев Ю. В. Генетика формы язычковых цветков у подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) // Аграрный научный журнал. 2021. № 12. С. 32–35. http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i12pp32-35.

AGRONOMY

Original article

Inheritance form of ginger flowers in sunflower (*Heliantus annuus* L.)

Lyudmila G. Kurasova, Sergey P. Kudryashov, Andrey Yu. Buenkov, Elena A. Konstantinova, Yuriy V. Lobachev
[1] Saratov State Agrarian University named after N.I. Vailov, Saratov, Russia
[2] Agricultural Research Institute for South-East Region, Saratov, Russia
kurasova-ludmila@yandex.ru

Abstract. Using hybridological and isogenic analyzes, the allelicity of genes controlling the shape of reed flowers in four nearly isogenic lines of sunflower was studied. It was found out that the recessive alleles *fs* and *fn*, which control short and narrow ligulate flowers, respectively, belong to different loci, and the *fs* and *fn* alleles interact with each other in a complementary manner. The recessive alleles *fn* and *ftw*, which control narrow and curled reed flowers, respectively, belong to different loci, and the *fs* and *ftw* alleles interact with each other in a complementary manner. The recessive alleles *fn* and *ft* controlling, respectively, narrow and tubular reed flowers belong to different loci, and the *fn* and *ft* alleles interact with each other in a complementary manner. These recessive genes can be used to breed new varieties and hybrids of ornamental sunflower, as well as to mark varieties and hybrids of oilseed, roasted, confectionery and silage sunflowers.

Keywords: sunflower; shape of reed flowers; genotype; crossbreeding; inheritance.
For citation: Kurasova L. G., Kudryashov S. P., Buenkov A. Yu., Konstantinova E. A., Lobachev Yu. V. Inheritance form of ginger flowers in sunflower (*Heliantus annuus* L.). Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2021;(12):32–35 (In Russ.). http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i12pp32-35.

Введение. Подсолнечник является важной сельскохозяйственной культурой. В производстве возделывают сорта и гетерозисные гибриды первого поколения масличного, кондитерского, грызового, силосного и декоративного направления использования подсолнечника. Для удешевления процесса создания новых сортов и гибридов подсолнечника появляется необходимость использовать маркерные признаки в селекции [3]. Морфологические маркерные признаки должны детерминироваться рецессивными генами и иметь простой генетический контроль. Поиск маркерных признаков и определение их генетического контроля является актуальной задачей селекции на современном этапе развития.

Генетика формы язычковых цветков у подсолнечника изучена недостаточно. Проблема заключается в том, что разные авторы применяют разные термины для описания нестандартных форм язычковых цветков подсолнечника и применяют разные символы генов, контролирующих эти нестандартные формы язычковых цветков. Нет единого каталога генов, контролирующих эти нестандартные формы язычковых цветков подсолнечника. Ю.В. Лобачев и др. [7] дали описание двадцати генов, контролирующих нестандартную форму язычковых цветков у подсолнечника, предложенных отечественными авторами [1, 2, 4, 8, 10, 11].

©Курасова Л. Г., Кудряшов С. П., Буенков А. Ю., Константинова Е. А., Лобачев Ю. В., 2021

Ранее ряд исследователей изучали наследование отдельных форм язычковых цветков подсолнечника. Так, по данным В.В. Толмачева [11], при наследовании разных нестандартных форм язычковых цветков у подсолнечника встречаются аллели одного локуса, взаимодействующие между собой по типу полного или неполного доминирования. Также им описаны случаи неаллельного взаимодействия рецессивных генов, контролирующих нестандартную форму язычковых цветков у подсолнечника, по типу рецессивного эпистаза или по типу комплементарного действия генов.

В целом, исследования по генетике нестандартных форм язычковых цветков у подсолнечника фрагментарны. Генетический контроль многих нестандартных форм язычковых цветков у подсолнечника не изучен, что делает подобные исследования актуальными.

Цель исследований – изучение генетического контроля нестандартных форм язычковых цветков подсолнечника, определение аллельных отношений и взаимодействия серии генов *fs, ft, ftw, fn*.

Методика исследований. В качестве объектов исследования использовали наборы почти изогенных моногенных и дигенных линий подсолнечника с короткими, трубкообразными, узкими и скрученными язычковыми цветками, созданных Е.А. Константиновой и Ю.В. Лобачевым на базе самоопыленной линии ЮВ-28Б, а также гибриды первого и второго поколения, полученные от скрещивания линий с разной нестандартной формой язычковых цветков.

Полевые эксперименты проводили на полях ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». Перед посевом в почву вносили гербицид гамбит в дозе 3,0 кг/га. Посев родительских форм и гибридов первого и второго поколения проводили вручную сажалками-хлопушками пунктирным способом с размещением растений в гнездо размером 70 × 35 см с нормой высева 40 тыс. растений на 1 га. Рядок включал в себя 13 гнезд. Уход за посевами заключался в проведении междурядной культивации и ручной прополки.

Скрещивания подсолнечника проводили по методике, разработанной в лаборатории селекции и семеноводства масличных культур ФАНЦ Юго-Востока. Родительские формы и гибриды высевали в поле блоками. Каждый блок включал в себя: P_1, P_2, F_1, F_2. Во время цветения проводили визуальную оценку наследования формы язычковых цветков. Величина выборки составляла для P_1, P_2, F_1 не менее 20, а для F_2 – не менее 200 растений. Результаты подвергали статистической обработке. Проверка соответствия теоретически ожидаемого и фактического расщепления гибридов второго поколения проводилась методом χ^2 (хи-квадрат) [6, 9].

Результаты исследований. Для изучения наследования нестандартной формы язычковых цветков проводили два эксперимента. Использовали гибридологический анализ с совмещением изогенного анализа. В результате скрещивания линии с узкими язычковыми цветками и линии с нормальными (стандартными) язычковыми цветками были получены гибриды F_1, которые имели стандартную форму язычковых цветков.

В гибридном поколении F_2 расщепление соответствовало гипотезе моногенного наследования (табл. 1). Следовательно, за фенотипическое проявление признака (узкие язычковые цветки) отвечают рецессивные аллели генов *fn* (narrow). Также нами было установлено, что признак узких язычковых цветков сцепленно наследуется с признаком веерообразного жилкования листа, за проявление которого по данным A. Kovacik, V. Skaloud [12] отвечает рецессивный ген, обозначенный ими как *vs*.

Таблица 1

Расщепление популяции F_2 по форме язычковых цветков

Комбинации скрещивания	Расщепление				Оценка гипотезы 3:1, $\chi^2_{факт.}$
	фактическое		теоретически ожидаемое		
	3 (АА, Аа)	1 (аа)	3 (АА, Аа)	1 (аа)	
ЮВ-28Бfn (узкие язычковые цветки) × ЮВ-28Бst (стандартные язычковые цветки)	32	10	31,5	10,5	0,02
$\chi^2_{теор.} = 3,84$					

На следующем этапе были проведены скрещивания линии ЮВ-28Бfn (узкие язычковые цветки) с линиями, имеющими нестандартные формы язычковых цветков: ЮВ-28Бfs (короткие язычковые цветки), ЮВ-28Бft (трубчатые язычковые цветки), ЮВ-28Бftw (скрученные язычковые цветки) для тестирования изучаемого гена *fn* на аллельность.

В комбинации скрещивания ЮВ-28Бfs × ЮВ-28Бfn у гибридов первого поколения наблюдали единообразие по форме язычковых цветков, которые у всех гибридных растений были стандартной формы. В популяции F_2 было расщепление по форме язычковых цветков в отношении 9:3:3:1 на 4 фенотипических класса: нормальные язычковые цветки; форма первого родителя – узкие язычковые цветки; форма второго родителя – короткие язычковые цветки; новая нестандартная форма, отличная от обеих родительских форм (табл. 2).

Из анализа F_1 и F_2 следует, что рецессивные аллели *fs* и *fn* принадлежат к разным локусам, причем эти аллели взаимодействуют между собой по комплементарному типу.

В комбинации скрещивания ЮВ-28Бfn × ЮВ-28Бftw у гибридов первого поколения наблюдали единообразие по форме язычковых цветков, которая у всех растений была стандартной.

© Курасова Л. Г., Кудряшов С. П., Буенков А. Ю., Константинова Е. А., Лобачев Ю. В., 2021

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
12
2021

Таблица 2

Расщепление популяции F_2 по форме язычковых цветков

Комбинация скрещивания	Расщепление	Соотношение классов гибридов				Оценка гипотезы 9:3:3:1, $\chi^2_{факт.}$
		9 (A-B-)	3 (A-bb)	3 (aaB-)	1 (aabb)	
ЮВ-28Бfs × ЮВ-28Бfn	Фактическое	69	23	21	7	0,17
	Теоретически ожидаемое	67,5	22,5	22,5	7,5	
	$\chi^2_{теор.}$=7,81					

В популяции F_2 происходило расщепление по форме язычковых цветков в отношении 9:3:3:1 на 4 фенотипических класса: нормальные язычковые цветки; форма первого родителя – узкие язычковые цветки; форма второго родителя – скрученные язычковые цветки; новая нестандартная форма, отличная от родительских форм (табл. 3).

Таблица 3

Расщепление популяции F_2 по форме язычковых цветков

Комбинация скрещивания	Расщепление	Соотношение классов гибридов				Оценка гипотезы 9:3:3:1, $\chi^2_{факт.}$
		9 (A-B-)	3 (A-bb)	3 (aaB-)	1 (aabb)	
ЮВ-28Бfn × ЮВ-28Бftw	Фактическое	54	16	15	7	0,6
	Теоретически ожидаемое	51,75	17,25	17,25	5,75	
	$\chi^2_{теор.}$=7,81					

Из анализа F_1 и F_2 следует, что рецессивные аллели *fn, ftw* принадлежат к разным локусам, причем аллели *fs, ftw* взаимодействуют между собой по комплементарному типу.

В комбинации скрещивания ЮВ-28Бfn × ЮВ-28Бft у гибридов первого поколения наблюдали единообразие по форме язычковых цветков, которая у всех растений была стандартной формы. В популяции F_2 расщепление по форме язычковых цветков происходило в соотношении 9:3:3:1 на 4 фенотипических класса: нормальные язычковые цветки; форма первого родителя – узкие язычковые цветки; форма второго родителя – трубчатые язычковые цветки; новая нестандартная форма, отличная от родительских форм (табл. 4).

Из анализа F_1 и F_2 следует, что рецессивные аллели *fn* и *ft* принадлежат к разным локусам, аллели *fn* и *ft* взаимодействуют между собой по комплементарному типу.

На основании проведенных данных можно записать генотипы изучаемых линий (табл. 5).

Таблица 4

Расщепление популяции F_2 по форме язычковых цветков

Комбинация скрещивания	Расщепление	Соотношение классов гибридов				Оценка гипотезы 9:3:3:1, $\chi^2_{факт.}$
		9 (A-B-)	3 (A-bb)	3 (aaB-)	1 (aabb)	
ЮВ-28Бfn × ЮВ-28Бft	Фактическое	62	17	18	8	0,76
	Теоретически ожидаемое	59,1	19,8	19,8	6,6	
	$\chi^2_{теор.}$=7,81					

Таблица 5

Фенотипы и генотипы изучаемых линий

Линии	Фенотип (язычковые цветки)	Генотип	Изучаемый ген
ЮВ-28Бst	стандартные	FnFnFsFsFtFtFtwFtw	–
ЮВ-28Бfs	короткие (short)	FnFnfsfsFtFtFtwFtw	*fs*
ЮВ-28Бft	трубкообразные (tubular)	FnFnFsFsftftFtwFtw	*ft*
ЮВ-28Бftw	скрученные (twisted up)	FnFnFsFsFtFtftwftw	*ftw*
ЮВ-28Бfn	узкие (narrow)	fnfnFsFsFtFtFtwFtw	*fn*

Ранее генетику нестандартных форм язычковых цветков (короткие, короткие трубкообразные и скрученные) изучали Ю.В. Лобачев, Л.Г. Курасова, В.М. Лекарев и Е.А. Константинова [4, 5, 7], которые установили, что за короткие язычковые цветки отвечает один рецессивный ген, обозначенный ими как *fs*, за короткие трубкообразные язычковые цветки отвечает один рецессивный ген, обозначенный ими как *ft*, за скрученные язычковые цветки отвечает один рецессивный ген, обозначенный ими как *ftw*. Изучение аллельных отношений этих трех рецессивных генов показало, что гены *fs* и *ft* являются аллелями одного локуса, причем доминирует ген *ft*. Гены *fs*

©Курасова Л. Г., Кудряшов С. П., Буенков А. Ю., Константинова Е. А., Лобачев Ю. В., 2021

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
12
2021

и *ftw* являются неаллельными генами и взаимодействуют между собой по комплементарному типу. Аналогично гены *ft* и *ftw* также являются неаллельными генами и взаимодействуют между собой по комплементарному типу.

Заключение. Проведенными исследованиями установлено, что рецессивные аллели *fs* и *fn*, контролирующие соответственно короткие и узкие язычковые цветки принадлежат к разным локусам, причем аллели *fs* и *fn* взаимодействуют между собой по комплементарному типу. Рецессивные аллели *fn* и *ftw*, контролирующие соответственно узкие и скрученные язычковые цветки принадлежат к разным локусам, причем аллели *fs* и *ftw* взаимодействуют между собой по комплементарному типу. Рецессивные аллели *fn* и *ft* контролирующие соответственно узкие и трубчатые язычковые цветки принадлежат к разным локусам, причем аллели *fn* и *ft* взаимодействуют между собой по комплементарному типу. Эти рецессивные гены можно использовать для создания новых сортов и гибридов декоративного подсолнечника, а также для маркирования сортов и гибридов подсолнечника масличного, грызового, кондитерского и силосного направления использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ведмедева Е. В., Толмачёв В. В. Генетика морфологических признаков подсолнечника: состояние и перспективы // Современные проблемы научного обеспечения производства подсолнечника», посвященной 120-летию со дня рождения академика В.С. Пустовойта: Сб. докл. Междунфр. науч.-практ. конф. Краснодар, 2006. С. 127–140.
2. Гаврилова В. А., Анисимова И. Н. Генетика культурных растений. Подсолнечник. СПб., 2003. 209 с.
3. Костевич С. В., Медведева Н. В. Создание новых материнских линий подсолнечника с короткими трубкообразными язычковыми цветками в качестве маркерного признака // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. Вып. 4 (176). С. 9–15.
4. Курасова Л. Г. Лобачев Ю. В. Генетический контроль формы язычковых цветков у подсолнечника // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2009а. № 7. С. 19-21.
5. Курасова Л. Г., Лобачев Ю. В. Наследование формы язычковых цветков у подсолнечника // Бюлл. Ботанического сада Саратовского государственного университета. Саратов, 2009б. Вып. 8. С. 241–244.
6. Лобачев Ю. В. Генетический анализ: учеб. пособие. Саратов, 2011. 104 с.
7. Лобачев Ю. В., Курасова Л. Г., Лекарев В. М., Константинова Е. А. Генетический контроль формы язычковых цветков у почти изогенных линий подсолнечника // Масличные культуры: НТБ ВНИИМК. 2010. Вып. 2 (144-145). С. 21–25.
8. Лобачёв Ю. В., Пимахин В. Ф., Лобачёв Ю. Ю. Наследование девяти маркерных признаков у подсолнечника // Вопросы генетики и селекции зерновых культур на Юго-Востоке России. Саратов, 1993. С. 138–140.
9. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции: учеб. пособие / А.Ф. Дружкин [и др.]. Саратов, 2013. 264 с.
10. Тихонов О. И. Биология, селекция и возделывание подсолнечника. М., 1991. 281 с.
11. Толмачёв В. В. Генетический контроль формы краевых цветков подсолнечника // Масличные культуры. Научно-техн. бюлл. ВНИИМК. 2006. Вып. 2 (135). С. 50–60.
12. Kovacik A., Skaloud V. Possibilities of the evaluation of gene linkage and their use in the determination of the heredity of traits in sunflower // In: Ved. Prace Vyzk. Ust. rost. vyr. 1981. Vol. 21. P. 11–27.

REFERENCES

1. Vedmedeva E. V., Tolmachev V. V. Genetics of morphological characteristics of sunflower: state and prospects. *Modern problems of scientific support of sunflower production "dedicated to the 120th anniversary of the birth of Academician V.S. Pustovoyt*. Krasnodar; 2006: 127–140. (In Russ.).
2. Gavrilova V. A., Anisimova I. N. Genetics of cultivated plants. Sunflower. Saint Petersburg; 2003. 209 p. (In Russ.).
3. Kostevich S. V., Medvedeva N. V. Creation of new maternal lines of sunflower with short tubular reed flowers as a marker. *Oil crops. Scientific and technical bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds*. 2018; 4 (176): 9–15. (In Russ.).
4. Kurasova L. G., Lobachev Yu. V. Genetic control of the shape of reed flowers in sunflower. *Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov*. 2009a; 7: 19–21. (In Russ.).
5. Kurasova L. G., Lobachev Yu. V. Inheritance of the shape of reed flowers in sunflower. *Bulletin of the Botanical Garden of Saratov State University*. 2009b; 8: 241–244. (In Russ.).
6. Lobachev Yu. V. Genetic analysis. Saratov; 2011. 104 p. (In Russ.).
7. Lobachev Yu. V., Kurasova *L. G., Lekarev V. M., Konstantinova E. A.* Genetic control of the shape of reed flowers in almost isogenic lines of sunflower. *Oil crops: NTB VNIIMK*. 2010; 2 (144–145): 21–25. (In Russ.).
8. Lobachev Yu. V., Pimakhin V. F., Lobachev Yu. Yu. Inheritance of nine marker traits in sunflower. *Problems of genetics and breeding of grain crops in the South-East of Russia*. Saratov; 1993: 138–140. (In Russ.).
9. Fundamentals of scientific research in plant growing and selection: textbook. manual / A. F. Druzhkin et al. Saratov; 2013. 264 p.
10. Tikhonov O. I. Biology, selection and cultivation of sunflower. Moscow; 1991. 281 p. (In Russ.).
11. Tolmachev V. V. Genetic control of the shape of the marginal flowers of sunflower. *Oil crops. Scientific and technical bull. VNIIMK*. 2006; 2 (135): 50–60. (In Russ.).
12. Kovacik A., Skaloud V. Possibilities of the evaluation of gene linkage and their use in the determination of the heredity of traits in sunflower. *Ved. Prace Vyzk. Ust. rost. vyr.* 1981; 21: 11–27.

Статья поступила в редакцию 13.09.2021; одобрена после рецензирования 24.09.2021; принята к публикации 30.09.2021.
The article was submitted 13.09.2021; approved after reviewing 24.09.2021; accepted for publication 30.09.2021.

© Курасова Л. Г., Кудряшов С. П., Буенков А. Ю., Константинова Е. А., Лобачев Ю. В., 2021