

УДК 575.222.2:575.224.2

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНОВ ОКРАСКИ ЯЗЫЧКОВЫХ ЦВЕТКОВ У МУТАНТНОЙ ЛИНИИ ПОДСОЛНЕЧНИКА

**О.М. Борисенко,**  
кандидат биологических наук  
**Я.Н. Демури,**  
доктор биологических наук  
**А.Н. Левуцкая,**  
старший научный сотрудник

ФГБНУ ВНИИМК  
Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17  
Тел.: 8 (861) 274-55-94  
E-mail: genetic@vniimk.ru

*Для цитирования:* Борисенко О.М., Демури Я.Н., Левуцкая А.Н. Идентификация генов окраски язычковых цветков у мутантной линии подсолнечника // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2017. – Вып. 4 (172). – С. 39–43.

**Ключевые слова** подсолнечник, мутация, наследование, эпистаз.

В результате мутагенеза с использованием водного раствора НЭМ получена сублиния подсолнечника ВК 850 с абрикосовой окраской язычковых цветков. На основании проведенного гибридологического анализа этого признака у мутантной сублинии подсолнечника ВК 850 установлен его моногенный контроль. Абрикосовая окраска рецессивна по отношению к традиционной желтой, обладает эпистатическим эффектом в скрещиваниях с образцами, обладающими лимонными или оранжевыми язычковыми цветками. В результате изучения F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> установлено, что обнаруженная мутация генетически аллельна с абрикосовой окраской у известной линии КГ 109.

UDC 575.222.2:575.224.2

### Identification of gens controlling the coloring of ray flowers in a sunflower mutant line.

**Borisenko O.M.,** PhD in biology  
**Demurin Ya.N.,** doctor of biology  
**Levutskaya A.N.,** senior researcher

All-Russia Research Institute of Oil Crops by  
Pustovoi V.S. (VNIIMK)  
17, Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia

**Key words:** sunflower, mutation, heredity, epistasis.

Sunflower subline VK 850 was obtained through mutagenesis of water solution of NEM. It contains apricot color of ray flowers. This subline was crossed with different sunflower lines. Results obtained in F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> generations of the crosses standard yellow × apricot indicate monogenic recessive control of apricot color of ray flowers. Apricot color is determined to be recessive to traditional yellow one. Results obtained in F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> generations of the crosses lemon × apricot and orange × apricot indicates epistatic effect. Cross between two different apricot sunflower lines indicate the phenotypic allelism in F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> generations.

**Введение.** Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) в настоящее время является основной масличной культурой в России и некоторых странах Восточной Европы. Однако изначально он был привезен из Северной Америки для декоративных целей [11]. Всеобщий интерес и узнаваемость растение заслужило благодаря форме соцветия и окраске язычковых цветков в традиционный желтый цвет. Тем не менее у культурного подсолнечника существуют разнообразные типы окраски язычковых цветков: светло- и темно-желтые, лимонные, оранжевые, абрикосовые, бордовые, кирпично-красные, малиновые, а также их сочетания. Начало генетических опытов в наследовании морфологических признаков подсолнечника было положено американскими супругами Cockerell. Они обнаружили дикорастущий подсолнечник с красными язычковыми цветками и изучали характер проявления данного признака в ряду поколений [6; 7]. Leclercq установил, что оранжевая окраска язычковых цветков по отношению к желтой контролируется одним рецессивным геном (ген *o*) [10]. Kovacik и Skaloud в своих работах определили моногенный тип наследования лимонной (ген *l*) окраски язычковых цветков [9]. Fick описал, что взаимодействие между генами, определяющими лимонную и оранжевую окраски, происходит по типу рецессивного эпистаза [8]. Толмачев выявил наличие одного рецессивного гена *ap*, контролирующего про-

явление абрикосовой окраски у язычковых цветков подсолнечника [3].

Таким образом, в более ранние периоды (60–90-е гг. XX века) изучение окраски язычковых цветков у подсолнечника носило преимущественно теоретический характер. В начале XXI века ученые предпринимали попытки связать окраску цветка с хозяйственно ценными признаками и применить полученные результаты в селекции масличных или декоративных сортов и гибридов подсолнечника в качестве генетических маркеров [1; 2]. Целью нашей работы была идентификация генов, контролирующих абрикосовую окраску язычковых цветков линии подсолнечника ВК850, индуцированную мутагенезом с помощью нитрозоэтилмочевины.

**Материалы и методы.** Исследования были проведены на ЦЭБ ФГБНУ ВНИИМК (г. Краснодар) в период с 2008 по 2017 гг. Материалом послужила мутантная сублиния подсолнечника ВК 850 с измененной окраской язычковых цветков. Для проведения гибридологического анализа контроля окраски язычковых цветков использовали четыре образца генетической коллекции подсолнечника лаборатории генетики, обладающие различным генотипическим проявлением изучаемого признака: ЛД100 (желтые), ЛГ26 (оранжевые), Лунный (лимонные) и КГ109 (абрикосовые) (рисунок).



желтые



оранжевые



лимонные



абрикосовые

*Рисунок* – Некоторые виды неантоциановых окрасок язычковых цветков у подсолнечника

Семена соответствующих линий высевали на однорядных делянках по 2–3 шт. в гнездо на расстоянии 35 см и между-

рядьями 70 см, с последующей прорывкой до одного растения на третьей паре настоящих листьев. Гибридизацию проводили с помощью ручной кастрации материнских растений в ранние утренние часы. Отцовские растения изолировали за 1–2 дня до начала цветения индивидуальными изоляторами из агроспанбонда. Начиная со второго дня цветения, с отцовских растений ежедневно собирали пыльцу и наносили на кастрированные корзинки материнской формы. Гибриды первого поколения высеивали в полевых условиях на однорядных делянках, в период цветения изолировали и самоопыляли по три растения в каждой комбинации скрещивания. Гибриды второго поколения также высеивали в поле на четырехрядных делянках по 2–3 семечки в гнездо, с последующей рендомизированной прорывкой на стадии трех пар настоящих листьев. Оценку окраски язычковых цветков как у F<sub>1</sub>, так и у F<sub>2</sub> проводили на 2–3-й день от начала цветения корзинки. Оценку достоверности предполагаемой модели генетического контроля проявления признака осуществляли с помощью критерия  $\chi^2$ .

**Результаты и обсуждение.** В 2007 г. 100 семян линии подсолнечника ВК 850 (с желтой окраской язычковых цветков) были обработаны 0,0025 %-ным водным раствором нитрозоэтилмочевин (НЭМ). Затем семечки высеивали в полевых условиях, их всхожесть составила 68 %. Морфологически растения M<sub>0</sub> не отличались от контрольных. В 2008 г. пять семей M<sub>1</sub> снова высеивали в поле на однорядных делянках. В результате в потомстве одной из них с частотой 10 % (2 из 20 шт.) обнаружили растения с измененной (абрикосовой) окраской язычковых цветков, которые были изолированы и самоопылены. Других морфологических отличий между растениями не наблюдали, что исключает вероятность переопыления мутантных растений предшествующих поколений с другими, немутантными

формами. В период с 2009 по 2014 гг. растения мутантной сублинии ВК 850 с абрикосовыми язычковыми цветками высеивали ежегодно и наблюдали константность проявления признака и отсутствие реверсии к исходному желтому типу окраски. В 2015 г. с целью определения генетического контроля абрикосовой окраски язычковых цветков у мутантной сублинии ВК 850 были проведены скрещивания с четырьмя линиями подсолнечника, обладающими различной окраской язычковых цветков. В 2016 г. полученные гибридные семена были высеяны в поле (табл. 1).

Таблица 1

**Наследование признака «абрикосовая окраска язычковых цветков» у подсолнечника в первом поколении**

г. Краснодар, ВНИИМК, 2016 г.

Родительская линия		F <sub>1</sub>
Материнская	отцовская	
M <sub>7</sub> ВК850 абрикосовые я. ц.*	ЛД100 (желтые я. ц.)	Желтые
	ЛГ26 (оранжевые я. ц.)	Желтые
	Лунный (лимонные я. ц.)	Желтые
	КГ109 (абрикосовые я. ц.)	Абрикосовые

*Примечание:* я. ц. – язычковые цветки

Очевидно, что абрикосовая окраска язычковых цветков рецессивна по отношению к желтой и неаллельна с оранжевой и лимонной, что хорошо согласуется с работами других авторов [3–5]. Только при скрещивании мутантной линии ВК 850 с другим «абрикосовым» образцом изучаемый признак проявился уже в первом поколении. Данный факт свидетельствует об аллельности фенотипического проявления мутации.

В F<sub>2</sub> расщепление по окраске язычковых цветков зависело от родительских линий. В комбинации M<sub>7</sub> ВК 850 × КГ 109 все растения (76 шт.) во втором поколении обладали абрикосовым фенотипом окраски язычковых цветков, что указывает на аллельность мутаций (табл. 2). Тем не менее фенотипическая тождественность проявления окраски язычковых цветков у данных линий подсолнечника не обязательно обусловлена идентично-

стью точковых наследственных изменений. Поскольку биохимические стадии формирования признака не изучены, не известна молекулярная структура генов, контролирующих окраску, можно предположить наличие как одинаковых, так и различных изменений в структуре ДНК в соответствующем гене *ap* у каждой родительской линии.

В скрещивании М<sub>7</sub> ВК 850 × ЛД 100 растения второго поколения имели окраску язычковых цветков двух фенотипических классов: желтые и абрикосовые (табл. 2). Расщепление соответствовало моногенному рецессивному характеру наследования признака «абрикосовая окраска». Подобную картину наблюдали и другие исследователи [3–5].

Результаты расщепления гибридных растений второго поколения по проявлению абрикосовой окраски в скрещиваниях с линиями подсолнечника, обладающими оранжевой и лимонной окраской язычковых цветков, представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Наследование признака «абрикосовая окраска язычковых цветков» у подсолнечника во втором поколении**

г. Краснодар, ВНИИМК, 2017 г.

Скрещивание	Фенотип окраски язычковых цветков в F <sub>2</sub>				χ <sup>2</sup>
	жел- тые	оран- же- вые	ли- мон- ные	абрико- совые	
М <sub>7</sub> ВК 850 × ЛД 100	66	-	-	18	0,57*
М <sub>7</sub> ВК 850 × ЛГ 26	44	7	-	12	4,96**
М <sub>7</sub> ВК 850 × Лун- ный	51	-	11	13	4,25**
М <sub>7</sub> ВК 850 × КГ 109	-	-	-	76	-

\*χ<sup>2</sup><sub>st</sub> = 3,84 (df = 1)    \*\*χ<sup>2</sup><sub>d</sub> = 5,99 (df = 2)

Таким образом, в скрещиваниях мутантной сублинии ВК 850 с другими образцами генетической коллекции, обладающими альтернативной окраской язычковых цветков, генетический контроль признака проявления абрикосовой окраски можно характеризовать как моногенный с межгенным взаимодействием

по типу рецессивного эпистаза (модель расщепления 9 : 3 : 4). Данную схему также наблюдали Шарыпина с соавторами [5]. В то же время Толмачев В.В. в своих исследованиях указывает на комплементарный характер наследования в аналогичных скрещиваниях и появление лимонно-абрикосового фенотипического класса [3; 4].

**Выводы.** На основании проведенного гибридологического анализа абрикосовой окраски язычковых цветков мутантной сублинии подсолнечника ВК 850 установлен моногенный контроль проявления признака. Абрикосовая окраска рецессивна по отношению к традиционной желтой, проявляет эпистатический эффект в скрещиваниях с линиями, обладающими лимонными или оранжевыми язычковыми цветками, генетически аллельна с линией КГ109, также имеющей абрикосовую окраску.

Список литературы

1. Константинова Е.А. Генетический контроль и селекционная ценность окраски язычковых цветков у подсолнечника: автореф. дис. ... к. биол. н. – Саратов, 2004. – 19 с.
2. Першина И.М. Генетическая база селекции декоративного подсолнечника: дис. ... к. с.-х. н. – Запорожье, 2000. – 143 с.
3. Толмачев В.В. Наследование и взаимодействие генов неантоциановой пигментации язычковых цветков подсолнечника // Наук.-тех. бюл. Ин-ту олійних культур УААН. – 1998. – Вип. 3. – С. 75–81.
4. Толмачев В.В. Генетический контроль окраски язычковых цветков подсолнечника // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2006. – Вып. 1 (134). – С. 10–15.
5. Шарыпина Ю.Я., Петров В.Н., Долгова Т.А., Кириченко В.В. Изучение наследования морфологических признаков подсолнечника. 1. Генетический контроль

окраски ложноязычковых цветков, ветвистости и восстановления фертильности пыльцы // Цитология и генетика. – 2008. – № 5. – С. 47–53.

7. Cockerell T.D.A. An early observation on the red sunflower // Science. – 1915. – Vol. 41. – Issue 1044. – P. 33–34.

7. Cockerell T.D.A. An early observation on the red sunflower // Science, 1915. – Vol. 41. – Issue 1044. – P. 33–34.

8. Fick G.N. Genetics of floral color and morphology in sunflowers // The Journal of Heredity. – 1976. – Vol. 67. – P. 227–230.

9. Kovacik A., Skaloud V. Inheritance of some heteromorphic characters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) // Proceedings of the 6th Intern. Sunfl. Conf., Bucharest, Romania, July 22–24, 1974. – P. 291–295.

10. Leclerq P. Heredite de quelques caracteres qualitatifs chez le tournesol // Ann. Amelior. Plant. – 1968. – 18. – P. 307–315.

11. Škorić Dragan, Seiler Gerald J., Liu Zhao and others. Sunflower Genetics and Breeding: International monograph. – Serbian Academy of Sciences and Arts. Branch in Novi Sad, 2012. – 520 p.

#### References

1. Konstantinova E.A. Geneticheskiy kontrol' i selektsionnaya tsennost' okraski yazychkovykh tsvetkov u podsolnechnika: avtoref. dis. ... k. biol. n. – Saratov, 2004. – 19 s.

2. Pershina I.M. Geneticheskaya baza selektsii dekorativnogo podsolnechnika: dis. ... k. s.-kh. n. – Zaporozh'e, 2000. – 143 s.

3. Tolmachev V.V. Nasledovanie i vzaimodeystvie genov neantotsianovoy

pigmentatsii yazychkovykh tsvetkov podsolnechnika // Nauk.-tekh. byul. In-tu oliynikh kul'tur UAAN. – 1998. – Vip. 3. – S. 75–81.

4. Tolmachev V.V. Geneticheskiy kontrol' okraski yazychkovykh tsvetkov podsolnechnika // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2006. – Vyp. 1 (134). – S. 10–15.

5. Sharypina Yu.Ya., Petrov V.N., Dolgova T.A., Kirichenko V.V. Izuchenie nasledovaniya morfologicheskikh priznakov podsolnechnika. 1. Geneticheskiy kontrol' okraski lozhnoyazychkovykh tsvetkov, vetvistosti i vosstanovleniya fertill'nosti pyl'tsy // Tsitologiya i genetika. – 2008. – № 5. – S. 47–53.

6. Cockerell T.D.A. The red sunflower // Popular Science Monthly. – April 1912. – Vol. 80. – P. 373–382.

7. Cockerell T.D.A. An early observation on the red sunflower // Science. – 1915. – Vol. 41. – Issue 1044. – P. 33–34.

8. Fick G.N. Genetics of floral color and morphology in sunflowers // The Journal of Heredity. – 1976. – Vol. 67. – P. 227–230.

9. Kovacik A., Skaloud V. Inheritance of some heteromorphic characters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) // Proceedings of the 6th Intern. Sunfl. Conf., Bucharest, Romania, July 22–24, 1974. – P. 291–295.

10. Leclerq P. Heredite de quelques caracteres qualitatifs chez le tournesol // Ann. Amelior. Plant. – 1968. – 18. – R. 307–315.

11. Škorić Dragan, Seiler Gerald J., Liu Zhao and others. Sunflower Genetics and Breeding: International monograph. – Serbian Academy of Sciences and Arts. Branch in Novi Sad, 2012. – 520 p.