

Генетическое разнообразие дикорастущих видов и сортов земляники по гену *FanAAMT* ароматического комплекса плодов

DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-72-80

УДК 634.75:577.2:575.22

Поступление/Received: 11.08.2020

Принято/Accepted: 12.05.2021




Genetic diversity in wild species and cultivars of strawberry for the *FanAAMT* gene controlling fruit flavor volatiles


А. С. ЛЫЖИН*, И. В. ЛУКЪЯНЧУК

A. S. LYZHIN*, I. V. LUK'YANCHUK

Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина,
393760 Россия, Тамбовская обл., г. Мичуринск,
ул. Мичурина, 30

*  Ranenburzhetc@yandex.ru

I.V. Michurin Federal Science Center,
30 Michurina St., Michurinsk,
Tambov Prov. 393760, Russia

*  Ranenburzhetc@yandex.ru

Актуальность. Важной потребительской характеристикой плодов земляники является их аромат. Значительный вклад в формирование аромата плодов земляники вносит метилантранилат. Содержание метилантранилата в плодах земляники контролируется геном *FanAAMT* (метилтрансфераза антраниловой кислоты). Идентификация генетических детерминант данного признака позволяет вести целенаправленный отбор перспективных форм на основе диагностических ДНК-маркеров. Целью настоящего исследования являлось изучение аллельного разнообразия гена аромата плодов *FanAAMT* у дикорастущих видов и сортов земляники для выявления перспективных генотипов.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись дикорастущие виды рода *Fragaria* L., сорта земляники (*F. × anaschata* Kantor) и сорта земляники садовой (*F. × ananassa* Duch.), интродуцированные из различных эколого-географических регионов произрастания. Для идентификации гена *FanAAMT* использовали маркер *FanAAMT*.

Результаты и выводы. В анализируемой коллекции генотипов земляники ген *FanAAMT* идентифицирован у 36,4% форм, в том числе – у дикорастущих видов *F. moschata* Duch., *F. vesca* L., *F. virginiana* subsp. *platypetala* (Rydb.) Staudt и сорта земляники 'Купчиха'. Среди проанализированных сортов земляники садовой ген *FanAAMT* выявлен у 31,6% образцов, при этом среди отечественных сортов ген *FanAAMT* идентифицирован у 27,3% форм, среди зарубежных – у 37,5% форм. Перспективными источниками высокого содержания метилантранилата в плодах являются дикорастущие виды *F. vesca*, *F. moschata* и *F. virginiana* subsp. *platypetala*, сорт земляники 'Купчиха', а также сорта земляники садовой отечественной ('Былинная', 'Зенит', 'Ласточка', 'Незнакомка', 'Фейерверк', 'Царскосельская') и зарубежной ('Karmen', 'Ostara', 'Samson', 'Symphony', 'Troubadour', 'Vima Tarda') селекции, у которых идентифицирован функциональный аллель гена *FanAAMT*. У остальных изученных генотипов земляники маркер *FanAAMT* отсутствует, что, предположительно, свидетельствует об отсутствии гена *FanAAMT*.

Ключевые слова: аромат плодов, метилантранилат, молекулярные маркеры, генотип.

Background. An important consumer trait of strawberry fruits is their aroma. Methyl anthranilate makes a considerable contribution to the fruit flavor. The methyl anthranilate content in strawberry fruits is controlled by the *FanAAMT* (anthranilic acid methyltransferase) gene. Identification of genetic determinants for this trait facilitates targeted selection of promising forms based on diagnostic DNA markers. The purpose of this study was to study the allelic diversity of the *FanAAMT* fruit flavor gene in wild strawberry species and strawberry cultivars for identification of promising genotypes.

Materials and methods. The objects of this study were wild species of *Fragaria* L. as well as *F. × anaschata* Kantor and *F. × ananassa* Duch. cultivars of different ecogeographic origin. The *FanAAMT* gene was identified with the dominant marker *FanAAMT*.

Results and conclusion. In the analyzed collection of strawberry genotypes, the *FanAAMT* gene was identified in 36.4% of the forms, including the wild species *F. vesca* L., *F. moschata* Duch. and *F. virginiana* subsp. *platypetala* (Rydb.) Staudt, and cv. 'Kupchikha' (*F. × anaschata*). Among the analyzed *F. × ananassa* cultivars, the *FanAAMT* gene was found in 31.6% of the tested forms, specifically in 27.3% of the 22 Russian cultivars, and 37.5% of the analyzed foreign ones. Promising sources of high methyl anthranilate content in fruits were identified: wild spp. *F. moschata*, *F. vesca*, and *F. virginiana* subsp. *platypetala*; cv. 'Kupchikha' (*F. × anaschata*); Russian garden strawberry cvs. 'Bylinnaya', 'Zenit', 'Lastochka', 'Neznakomka', 'Feyerverk' and 'Tsarskoselskaya'; and foreign garden strawberry cvs. 'Karmen', 'Ostara', 'Samson', 'Symphony', 'Troubadour' and 'Vima Tarda', in which the functional allele of the *FanAAMT* gene was found. In the remaining studied strawberry genotypes the marker *FanAAMT* was not detected, which presumably indicates that the *FanAAMT* gene is absent.

Key words: fruit flavor, methyl anthranilate, molecular markers, genotype.

Введение

Земляника (*Fragaria* L.) – род многолетних травянистых растений, насчитывающий около 25 видов различного уровня ploидности (2x, 4x, 6x, 8x, 10x) с базовым числом хромосом $x = 7$ (Liston et al., 2014). Возделываемые сорта и формы земляники относятся к синтетическому октоплоидному виду *F. × ananassa* Duch. ($8x = 56$), образовавшемуся в результате спонтанной гибридизации *F. virginiana* Duch. и *F. chiloensis* (L.) Mill. (Hancock et al., 2003). При этом длительная селекция в пределах вида *F. × ananassa* посредством межсортовых скрещиваний и инбридинга хоть и способствовала формированию у современных сортов таких хозяйственно ценных признаков, как высокая урожайность, крупноплодность, транспортабельность, но привела к значительному снижению генетического разнообразия современных сортов, а также к элиминации некоторых признаков, до недавнего времени считавшихся несущественными (Lei et al., 2002, Noguchi et al., 2002). К числу таких признаков относится и аромат плодов, поэтому многие широко возделываемые сорта земляники обладают невыраженным, слабым ароматом (Negri et al., 2015, Ulrich, Olbricht, 2016, Bianchi et al., 2017).

Виды рода *Fragaria* характеризуются различной степенью выраженности аромата плодов. При этом большинство дикорастущих видов земляники, в частности *F. vesca* L., *F. moschata* Duch., *F. virginiana*, *F. nilgerrensis* Schlecht ex J. Gay, обладают более выраженным, интенсивным ароматом по сравнению с культивируемыми формами *F. × ananassa*, что обусловлено широким спектром летучих ароматических соединений в плодах и высоким уровнем их накопления (Aharoni et al., 2004; Ulrich et al., 2007). Например, концентрация летучих органических соединений в плодах *F. virginiana* превышает аналогичную у *F. × ananassa* в 15 раз (Ulrich et al., 2007). Генотипы земляники садовой (*F. × ananassa*) также значительно различаются по накоплению отдельных компонентов ароматического комплекса плодов (Zorrilla-Fontanesi et al., 2012; Schwieterman et al., 2014).

Характерный приятный аромат плодов земляники обусловлен содержанием большого количества летучих ароматообразующих органических веществ (альдегиды, кетоны, спирты, терпены, фураноны, серосодержащие соединения и др.), общее число которых в плодах превышает 360 (Cumplido-Laso et al., 2012; Schwieterman et al., 2014; Song et al., 2016). При этом наиболее значительный вклад в формирование ароматического профиля плодов земляники вносят около 20 соединений, к числу которых относится метиловый эфир антралиновой кислоты (метил-2-аминобензоат, метилантранилат). Высокое содержание метилантранилата в плодах диплоидного вида *F. vesca* придает им «типичный» земляничный аромат. В плодах культивируемых форм *F. × ananassa* метилантранилат встречается редко (Ulrich et al., 1997; Urrutia et al., 2017).

Концентрация метилантранилата в плодах земляники в основном детерминирована генотипически (вклад генотипа в изменчивость содержания метилантранилата составляет более 65%) (Urrutia et al., 2017). При этом идентифицирован ген-кандидат – contig 1885 (*FanAAMT*), кодирующий в геноме земляники садовой метилтрансферазу антралиновой кислоты, которая участвует в синтезе метилантранилата в плодах. Репрессия транскрипта гена *FanAAMT* приводит к практически полному ингибированию синтеза метилантранилата, что подтверждает

главную роль гена *FanAAMT* в формировании признака (Pillet et al., 2017). Идентификация главных детерминант биосинтеза метилантранилата в плодах земляники позволяет вести целенаправленный отбор перспективных форм на основе молекулярных маркеров.

Целью исследования являлось изучение аллельного разнообразия гена аромата плодов *FanAAMT* у дикорастущих видов и сортов земляники для выявления перспективных генотипов для вовлечения в селекционный процесс по совершенствованию аромата плодов.

Материалы и методы

Исследования проведены в 2019–2020 гг. В качестве биологических объектов использованы генотипы земляники генетической коллекции ФГБНУ «Федеральный научный центр (ФНЦ) им. И.В. Мичурина»: 4 дикорастущих вида рода *Fragaria*¹ (*F. vesca* L., *F. moschata* Duch., *F. virginiana* subsp. *platypetala* (Rydb.) Staudt, *F. ovalis* (Lehm.) Rydb.), 2 сорта земклуники (*F. × anaschata* Kantor) и 38 сортов земляники садовой (*F. × ananassa* Duch.), интродуцированных из различных эколого-географических регионов произрастания (табл. 1).

Экстракция тотальной ДНК генотипов земляники осуществлялась согласно методу DArT (DArT, 2014) с модификациями (Luk'yanchuk et al., 2018).

Для идентификации аллельного состояния гена *FanAAMT* использовали праймеры *FanAAMT* For (5'-GGGATT GAATGCAATTTGTCTATTTTGCCCTTTTCTGTGA-3) и *FanAAMT* Rev (5'-GAACACTAGCATCCCAATCCA-3) (Pillet et al., 2017).

Реакционная смесь общим объемом 15 мкл содержала 1,5 mM Таq-буфера, 2,0 mM смеси дезоксинуклеозидтрифосфатов, 2,5 mM хлорида магния, 0,2 U Таq-полимеразы, 0,2 мкМ каждого праймера и 20 нг геномной ДНК. Все компоненты произведены фирмой Thermo Fisher Scientific (США).

Полимеразную цепную реакцию проводили в амплификаторе T100 (BIO-RAD, США) по программе: начальная денатурация – 3 мин при 95°C, далее 20 циклов: 30 с при 95°C, 30 с при 62°C (–0,5°C/цикл), 45 с при 72°C; далее 25 циклов: 30 с при 95°C, 30 с при 52°C, 45 с при 72°C; далее финальная элонгация – 5 мин при 72°C.

Разделение продуктов амплификации проводили электрофоретическим методом в агарозном геле (концентрация агарозы 2-процентная, буферная система – 1x TBE). Определение размера ампликонов проводили с использованием Gene Ruler 100 bp Plus DNA Ladder (Thermo Fisher Scientific, США).

Результаты и обсуждение

В результате сравнительного анализа геномов земляники садовой сортов 'Florida Elyana' и 'Mara des Bois', различающихся по содержанию метилантранилата в плодах, а также изучения гибридного потомства Florida Elyana × Mara des Bois установлено, что накопление метилантранилата в плодах земляники в значительной степени определяется экспрессией одного функционального гена, нуклеотидная последовательность которого на 97,12% идентична аннотированной последовательности генома *F. vesca*, кодирующей метилтрансферазу антралиновой кислоты. Предполагаемый ген (ген-кандидат

¹ Названия дикорастущих видов приведены по А. А. Зубову (Zubov, 2004)

¹ The names of wild species are given according to A. A. Zubov (Zubov, 2004)

Таблица 1. Анализируемые генотипы земляники

Table 1. The analyzed strawberry genotypes

<i>Fragaria</i> L. Генотип / Genotype	Происхождение / Оригинатор Origin / Originator
<i>F. vesca</i> L.	Европейская часть России
<i>F. moschata</i> Duch.	
<i>F. virginiana</i> subsp. <i>platypetala</i> (Rydb.) Staudt	British Columbia, Canada
<i>F. ovalis</i> (Lehm.) Rydb.	
Алёна	Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, Россия
Русич	
Зенит	
Сударушка	
Боровицкая	
Троицкая	
Кубата	
Царица	
Незнакомка	
Гирлянда	
Купчиха	Кокинский опорный пункт Федерального научного селекционно-технологического центра садоводства и питомниководства, Россия
Студенческая	
Былинная	Крымская опытно-селекционная станция Федерального исследовательского центра Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Россия
Царскосельская	Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства, Россия
Юниол	Ордена трудового красного знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Крым, Россия
Ласточка	Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина, Россия
Флора	
Избранница	
Яркая	
Фейерверк	
Урожайная ЦГЛ	
Фестивальная	Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Россия
Карнавал	Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия
Олимпийская надежда	
Symphony	Mylnefield Research Services Ltd, United Kingdom
Troubadour	United Kingdom

Таблица 1. Окончание

Table 1. The end

<i>Fragaria</i> L. Генотип / Genotype	Происхождение / Оригинатор Origin / Originator
Polka	PRI, Netherlands
Korona	
Ostara	
Vima Tarda	Vischers International BV, Netherlands
Elianny	Gebr. Vischers, Netherlands
Kimberly	
Barlidaun	USA
Marshall	
Samson	
Karmen	Czech Republic
Tokado	Japan
Aprica	CIV, Italy
Murano	
Quicky	

1885) был картирован на LG IV генома *F. × ananassa* и получил название *FanAAMT* (Pillet et al., 2017). Секвенирование целевых участков генома 'Florida Elyana' (метилантранилат продуцируется) и 'Mara des Bois' (метилантранилат не продуцируется) показало наличие пяти SNPs в 16 нуклеотидах в промоторной области гена. Прайммеры *FanAAMT* For/Rev амплифицируют с 5' конца гена 04119 (*F. vesca*) фрагменты размером 350 и около 1500 пн. Фрагмент размером 350 пн присутствует у всех генотипов земляники. Фрагмент размером 1500 пн амплифицируется только у форм с высоким содержанием метилантранилата в плодах (Pillet et al., 2017).

В анализируемой коллекции генотипов земляники ген *FanAAMT* идентифицирован у 36,4% образцов видов и сортов (пример идентификации приведен на рисунке, результаты – в таблице 2).

Среди изученных дикорастущих форм земляники ген *FanAAMT* выявлен у *F. vesca*, *F. moschata* и *F. virginiana* subsp. *platypetala*. У земляники овальной (*F. ovalis*) ген *FanAAMT* отсутствует. Высокое содержание метилантранилата в плодах *F. vesca* и *F. moschata* подтверждается также литературными данными (Negri et al., 2015, Urrutia et al., 2017). Кроме того, ген *FanAAMT* идентифицирован у сорта земляники 'Купчиха', который является межвидовым гибридом *F. × ananassa* × *F. moschata* и, предположительно, наследовал высокий уровень содержания метилантранилата в плодах от *F. moschata*. При этом сорт 'Троицкая' ген *FanAAMT* от *F. moschata* не унаследовал (целевой фрагмент около 1500 пн отсутствует).

Среди проанализированных сортов земляники садовой ген *FanAAMT* выявлен у 31,6% образцов. При этом среди российских сортов ген *FanAAMT* идентифицирован у 27,3% форм. Необходимо также отметить, что ряд

отечественных сортов имеет общее происхождение (табл. 3).

В частности, сорта 'Зенит', 'Фейерверк', 'Флора', 'Урожайная ЦГЛ' и 'Яркая' получены в комбинации скрещивания Senga Sengana × Redcoat. При этом у трех сортов ('Флора', 'Урожайная ЦГЛ', 'Яркая') ген *FanAAMT* отсутствует, а сорта 'Зенит' и 'Фейерверк' характеризуются наличием в геноме данного гена. Кроме того, сорт 'Senga Sengana' использовался при получении сортов 'Избранница' и 'Русич', у которых целевой продукт маркера *FanAAMT*, по нашим данным, также отсутствует, а сорт 'Redcoat' получен в комбинации скрещивания Sparkle × Valentine, где сорт 'Valentine' характеризуется высоким содержанием метилантранилата в плодах (Hirvi, Honkanen, 1982). В связи с вышеизложенным источником гена *FanAAMT* для сортов 'Зенит' и 'Фейерверк', предположительно, является исходная форма 'Redcoat'. Кроме того, все сорта земляники отечественной селекции с идентифицированным геном *FanAAMT* получены с участием зарубежных сортов в первом ('Зенит', 'Фейерверк', 'Царско-сельская') или втором ('Былинная', 'Ласточка') поколении. Сорт земляники 'Незнакомка' ('Вегера') также был получен в Европе. Результаты позволяют предположить, что ген *FanAAMT* в геноплазму сортов земляники отечественной селекции мог быть интрогрессирован как от исходных дикорастущих видов, так и вовлечением в гибридизацию зарубежных сортов.

Среди изученных форм земляники зарубежной селекции ген *FanAAMT* идентифицирован у 37,5%. Необходимо отметить, что сорт 'Mara des Bois', использованный J. Pillet et al. (2017) для выявления генетических детерминант биосинтеза метилантранилата в плодах и характеризующийся отсутствием гена *FanAAMT*, получен с использованием в гибридизации сорта 'Ostara'

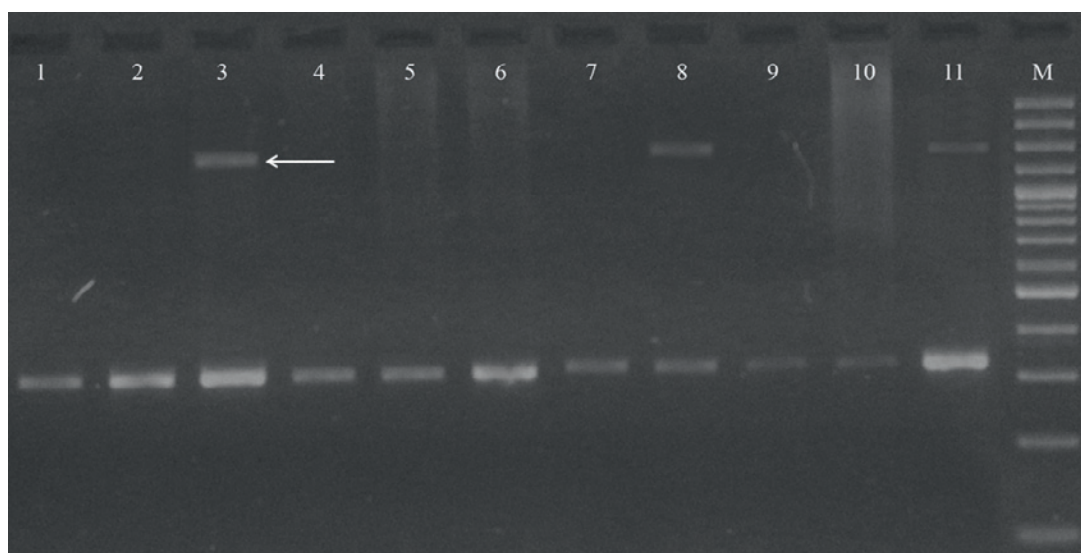


Рисунок. Электрофоретические профили маркерных фрагментов гена *FanAAMT* у разных генотипов земляники: 1 – 'Боровицкая', 2 – 'Elianny', 3 – 'Ласточка', 4 – 'Korona', 5 – 'Kimberly', 6 – 'Яркая', 7 – 'Троицкая', 8 – 'Ostara', 9 – 'Quicky', 10 – 'Aprica', 11 – 'Фейерверк';
М – маркер молекулярного веса

Figure. Electrophoretic profiles of marker fragments of the *FanAAMT* gene in different strawberry genotypes: 1 – 'Borovitskaya', 2 – 'Elianny', 3 – 'Lastochka', 4 – 'Korona', 5 – 'Kimberly', 6 – 'Yarkaya', 7 – 'Troitskaya', 8 – 'Ostara', 9 – 'Quicky', 10 – 'Aprica', 11 – 'Feyerverk';
M – molecular weight marker

Таблица 2. Аллельное разнообразие гена *FanAAMT* ароматического комплекса плодов у дикорастущих видов и сортов земляники

Table 2. Allelic diversity of the *FanAAMT* fruit flavor gene in strawberry cultivars and wild species

<i>Fragaria</i> L. Генотип / Genotype	<i>FanAAMT</i>	
	300 пн / 300 bp	1500 пн / 1500 bp
<i>F. vesca</i> L.	+	+
<i>F. moschata</i> Duch.	+	+
<i>F. virginiana</i> subsp. <i>platypetala</i> (Rydb.) Staudt	+	+
<i>F. ovalis</i> (Lehm.) Rydb.	+	
Алёна	+	
Боровицкая	+	
Былинная	+	+
Гирлянда	+	
Зенит	+	+
Избранница	+	
Карнавал	+	
Кубата	+	
Купчиха	+	+
Ласточка	+	+
Незнакомка	+	+
Олимпийская надежда	+	

Таблица 2. Окончание
Table 2. The end

<i>Fragaria L.</i> Генотип / Genotype	<i>FanAAMT</i>	
	300 пн /300 bp	1500 пн /1500 bp
Русич	+	
Студенческая	+	
Сударушка	+	
Троицкая	+	
Урожайная ЦГЛ	+	
Фейерверк	+	+
Фестивальная	+	
Флора	+	
Царица	+	
Царскосельская	+	+
Юниол	+	
Яркая	+	
Aprica	+	
Barlidaun	+	
Elianny	+	
Karmen	+	+
Kimberly	+	
Korona	+	
Marshall	+	
Murano	+	
Ostara	+	+
Polka	+	
Quicky	+	
Samson	+	+
Symphony	+	+
Tokado	+	
Troubadour	+	+
Vima Tarda	+	+

Примечание: символ «+» указывает на наличие фрагмента указанного размера
Note: the "+" symbol indicates the presence of the specified fragment

Таблица 3. Происхождение анализируемых сортов земляники
Table 3. Origin of the analyzed strawberry cultivars

Сорт / Cultivar	Комбинация скрещивания / Crossing combination
Алёна	Нет доступной информации
Боровицкая	Надежда × Red Gauntlet
Былинная	Персиковая × Сеянец ВИР-228613
Гирлянда	Нет доступной информации
Зенит	Senga Sengana × Redcoat
Избранница	Фестивальная × Senga Sengana
Карнавал	Памятная × Ранняя плотная кл. 26V
Кубата	Кубенская × Holiday
Купчиха	<i>F.</i> × <i>ananassa</i> × <i>F. moschata</i>
Ласточка	922-67 × Привлекательная
Незнакомка	Сеянец неизвестного происхождения
Олимпийская надежда	Нет доступной информации
Русич	Фестивальная Ромашка × Сюрприз Олимпиаде
Студенческая	FB ₃ (<i>F.</i> × <i>ananassa</i> × <i>F. moschata</i>)
Сударушка	Фестивальная × Roxana
Троицкая	<i>F.</i> × <i>ananassa</i> × <i>F. moschata</i>
Урожайная ЦГЛ	Senga Sengana × Redcoat
Фейерверк	Senga Sengana × Redcoat
Фестивальная	Обильная × Premier
Флора	Senga Sengana × Redcoat
Царица	Venta × Red Gauntlet
Царскосельская	Павловчанка × Holiday
Юниол	Нет доступной информации
Яркая	Senga Sengana × Redcoat
Aprica	Нет доступной информации
Barlidaun	MDUS 2359 × MDUS 2713
Elianny	Нет доступной информации
Karmen	Georg Soltwedel × Sparkle
Kimberly	Gorella × Chandler
Korona	Tamella × Induka
Marshall	<i>F.</i> × <i>ananassa</i> × св. опыление
Murano	R6R1-26 × A030-12
Ostara	Red Gauntlet × Masherahs Daurernte
Polka	Unduka × Sivetta
Quicky	CIVN251
Samson	Нет доступной информации
Symphony	Rhapsody × Holiday
Tokado	Нет доступной информации
Troubadour	61AM68 × US2650
Vima Tarda	Vima Zanta × Vicoda

(комбинация скрещивания (Humi Gento × Ostara) × (Red Gauntlet × Ostara)), у которого, согласно нашим данным, ген *FanAAMT* присутствует. Кроме того, сорта 'Царско-сельская' и 'Symphony', характеризующиеся наличием гена *FanAAMT*, имеют родственное происхождение (получены с участием сорта 'Holiday', который, предположительно, мог быть донором анализируемого гена).

Относительное преобладание у сортов зарубежной селекции гена *FanAAMT* может объясняться их генетической близостью вследствие активного применения в гибридизации нескольких исходных форм (Lei et al., 2002), одна из которых могла являться донором гена *FanAAMT*.

Заключение

Таким образом, проведено изучение аллельного полиморфизма гена *FanAAMT*, детерминирующего содержание метилантранилата в плодах земляники. Функциональный аллель *FanAAMT* идентифицирован у 36,4% изучаемых форм. Среди проанализированных сортов земляники садовой ген *FanAAMT* выявлен у 31,6% образцов, при этом среди российских сортов ген *FanAAMT* выявлен у 27,3% форм, среди изученных форм земляники зарубежной селекции – у 37,5%. Перспективными источниками высокого содержания метилантранилата в плодах по результатам анализа аллельного состояния гена *FanAAMT* являются дикорастущие виды *F. vesca*, *F. moschata* и *F. virginiana* subsp. *platypetala*, сорт земляники 'Купчиха', а также сорта земляники садовой отечественной ('Былинная', 'Зенит', 'Ласточка', 'Незнакомка', 'Фейерверк', 'Царскосельская') и зарубежной ('Karmen', 'Ostara', 'Samson', 'Symphony', 'Troubadour', 'Vima Tarda') селекции, у которых идентифицирован функциональный аллель гена *FanAAMT*.

Работа выполнена в рамках Государственного задания согласно тематическому плану ФНЦ им. И.В. Мичурина по проекту № 0646-2019-0001 «Провести мобилизацию новых генотипов из других регионов произрастания, комплексную оценку генофонда плодовых, ягодных, нетрадиционных, цветочных культур по важнейшим селекционно значимым признакам и геномный анализ гибридных сеянцев при интрогрессивной гибридизации с целью выделения перспективных генотипов для дальнейшего селекционного использования».

The research was performed within the framework of the State Task according to the theme plan of the I.V. Michurin FSC, Project No. 0646-2019-0001 "To conduct mobilization of new genotypes from other growing regions, complex assessment of the gene pools of fruit, berry, non-traditional and flower crops for the most important traits of breeding value, and genomic analysis of hybrid seedlings during introgressive hybridization in order to identify promising genotypes for further breeding".

References / Литература

- Aharoni A., Giri A.P., Verstappen F.W.A., Berteau C.M., Sevanier R., Sun Z. et al. Gain and loss of fruit flavor compounds produced by wild and cultivated strawberry species. *Plant Cell*. 2004;16(11):3110-3131. DOI: 10.1105/tpc.104.023895
- Bianchi G., Lucchi P., Maltoni M.L., Fagherazzi A.F., Baruzzi G. Analysis of aroma compounds in new strawberry advanced genotypes. *Acta Horticulturae*. 2017;1156:673-678. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.98
- Cumplido-Laso G., Medina-Puche L., Moyano E., Hoffmann T., Sinz Q., Ring L. et al. The fruit ripening-related gene *FaAAT2* encodes an acyl transferase involved in strawberry aroma biogenesis. *Journal of Experimental Botany*. 2012;63(11):4275-4290. DOI: 10.1093/jxb/ers120
- Hancock J.F., Callow P.W., Serçe S., Son P.Q. Variation in the horticultural characteristics of native *Fragaria virginiana* and *F. chiloensis* from North and South America. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2003;128(2):201-208. DOI: 10.21273/JASHS.128.2.0201
- Hirvi T., Honkanen E. The volatiles of two new strawberry cultivars, "Annelie" and "Alaska Pioneer", obtained by backcrossing of cultivated strawberries with wild strawberries, *Fragaria vesca* Rügen and *Fragaria virginiana*. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*. 1982;175(2):113-118. DOI: 10.1007/BF01135046
- Lei J., Dai H., Deng M., Wu L., Hu W. Studies on the interspecific hybridization in the genus *Fragaria*. *Acta Horticulturae Sinica*. 2002;29(6):519-523.
- Liston A., Cronn R., Ashman T.L. *Fragaria*: A genus with deep historical roots and ripe for evolutionary and ecological insights. *American Journal of Botany*. 2014;101(10):1686-1699. DOI: 10.3732/ajb.1400140
- Luk'yanchuk I.V., Lyzhin A.S., Kozlova I.I. Analysis of strawberry genetic collection (*Fragaria* L.) for *Rca2* and *Rpfl* genes with molecular markers. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(7):795-799. DOI: 10.18699/VJ18.423
- Negri A.S., Allegra D., Simoni L., Rusconi F., Tonelli C., Espen L. et al. Comparative analysis of fruit aroma patterns in the domesticated wild strawberries "Profumata di Tortona" (*F. moschata*) and "Regina delle Valli" (*F. vesca*). *Frontiers in Plant Science*. 2015;6:56. DOI: 10.3389/fpls.2015.00056
- Noguchi Y., Mochizuki T., Sone K. Breeding of a new aromatic strawberry by interspecific hybridization *Fragaria* × *ananasa* × *F. nilgerrensis*. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 2002;71(2):208-213. DOI: 10.2503/jjshs.71.208
- Pillet J., Chambers A.H., Barbey C., Bao Z., Plotto A., Bai J. et al. Identification of a methyltransferase catalyzing the final step of methyl anthranilate synthesis in cultivated strawberry. *BMC Plant Biology*. 2017;17(1):147. DOI: 10.1186/s12870-017-1088-1
- Schwieterman M.L., Colquhoun T.A., Jaworski E.A., Bartoshuk L.M., Gilbert J.L., Tieman D.M. et al. Strawberry flavor: Diverse chemical compositions, a seasonal influence, and effects on sensory perception. *PLoS One*. 2014;9(2):e88446. DOI: 10.1371/journal.pone.0088446
- Song C., Hong X., Zhao S., Liu J., Schulenburg K., Huang F.C. et al. Glucosylation of 4-hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanone, the key strawberry flavor compound in strawberry fruit. *Plant Physiology*. 2016;171(1):139-151. DOI: 10.1104/pp.16.00226
- Ulrich D., Hoberg E., Rapp A., Kecke S. Analysis of strawberry flavour – discrimination of aroma types by quantification of volatile compounds. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*. 1997;205(3):218-223. DOI: 10.1007/s002170050154
- Ulrich D., Komes D., Olbricht K., Hoberg E. Diversity of aroma patterns in wild and cultivated *Fragaria* accessions. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2007;54(6):1185-1196. DOI: 10.1007/s10722-006-9009-4
- Ulrich D., Olbricht K. A search for the ideal flavor of strawberry – Comparison of consumer acceptance and meta-

bolite patterns in *Fragaria* × *ananassa* Duch. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 2016;89:223-234. DOI: 10.5073/JABFQ.2016.089.029

Urrutia M., Rambla J.L., Alexiou K.G., Granell A., Monfort A. Genetic analysis of the wild strawberry (*Fragaria vesca*) volatile composition. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2017;121:99-117. DOI: 10.1016/j.plaphy.2017.10.015

Zorrilla-Fontanesi Y., Rambla J.L., Cabeza A., Medina J.J., Sánchez-Sevilla J.F., Valpuesta V. et al. Genetic analysis

of strawberry fruit aroma and identification of *O-methyltransferase FaOMT* as the locus controlling natural variation in mesifurane content. *Plant Physiology*. 2012;159(2):851-870. DOI: 10.1104/pp.111.188318

Zubov A.A. Theoretical foundations of strawberry breeding (Teoreticheskiye osnovy seleksii zemlyaniki). Michurinsk: VNIIGiSPR; 2004. [in Russian] (Зубов А.А. Теоретические основы селекции земляники. Мичуринск: ВНИИГиСПР; 2004).

Прозрачность финансовой деятельности / The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

The authors declare the absence of any financial interest in the materials or methods presented.

Для цитирования / How to cite this article

Лыжин А.С., Лукъянчук И.В. Генетическое разнообразие дикорастущих видов и сортов земляники по гену *FanAAMT* ароматического комплекса плодов. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021;182(2):72-80. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-72-80

Lyzhin A.S., Luk'yanchuk I.V. Genetic diversity in wild species and cultivars of strawberry for the *FanAAMT* gene controlling fruit flavor volatiles. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2021;182(2):72-80. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-72-80

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы / The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация / Additional information

Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-2-72-80>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Авторы одобрили рукопись / The authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует / No conflict of interest

ORCID

Lyzhin A.S. <https://orcid.org/0000-0001-9770-8731>

Luk'yanchuk I.V. <https://orcid.org/0000-0003-1626-840X>