

2. Жанакова Д.У. Морфо-биологические особенности роста и развития основного сортимента смородины в Узбекистане /Д.У. Жанакова// Аграрная наука. – 2019. – №3. – С. 66–68. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-323-3-66-68>
3. Нигматзянов Р.А. Качественная характеристика сортов смородины золотистой (*Ribes aureum* Pursh.) в России /Р.А. Нигматзянов, В.Н. Сорокопудов, А.Г. Куклина// Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 3– С.29-34. DOI:10.36718/1819-4036-2020-3-29-34
4. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел, 1995. – 502 с.
5. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел.: ВНИИСПК, 1999. – 606 с.
6. Сорокопудов В.Н., Бурменко Ю.В. Смородина золотистая *Ribes aureum*: биологические особенности и перспективы культивирования: монография / Под научн. ред. акад. РАН И. М. Куликова. – М.: ФГБНУ ВСТИСП, 2017. – 130 с.

УДК: 535.64:631.523:581.1:577.127.4

## СОЗДАНИЕ И ОЦЕНКА ГИБРИДОВ F<sub>1</sub> ТОМАТА С КОМПЛЕКСОМ АЛЛЕЛЕЙ ВЫСОКОГО НАКОПЛЕНИЯ КАРОТИНОИДОВ, АНТОЦИАНОВ И УСТОЙЧИВОСТИ К БОЛЕЗНЯМ

**Ольга Геннадьевна Бабак<sup>1</sup>, Елизавета Валерьевна Дрозд<sup>1</sup>, Наталья Александровна Некрашевич<sup>1</sup>, Наталья Владимировна Анисимова<sup>1</sup>, Констанция Константиновна Яцевич<sup>1</sup>, Ирина Геннадьевна Пугачева<sup>2</sup>, Михаил Михайлович Добродькин<sup>2</sup>, Светлана Ильинична Игнатова<sup>3</sup>, Александр Владимирович Кильчевский<sup>1</sup>**

1 - Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, г. Минск

2 - Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия, г. Горки

3 - ВНИИО – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», д. Верея, Московская обл.

Аннотация. На основе разработанных молекулярных маркеров и адаптированных методик ДНК-типирования генов качества плодов *CRTISO (t)*, *CYCB (B, b)*, *DET1 (hp-2<sup>ds</sup>)*, *GLK2 GARP TF (U, u, U-del52)*, генов MYB транскрипционных факторов (*Y, Ant1, An2, Atv*), а также аллелей устойчивости к болезням *I-2, I-7, Cf-4, Cf-4A; Cf-5 Cf-9, Ph-3, Ve, Ty-2, Ty-3* получен селекционный материал для создания гибридов F<sub>1</sub> с высокими антиоксидантными свойствами. Созданы и проведены двухлетние испытания 35 гибридов F<sub>1</sub>, по результатам которых лучшие высокопродуктивные гибриды переданы для государственного сортоиспытания.

Ключевые слова: *Solanum lycopersicum*, ДНК-маркеры, гибриды

CREATION AND EVALUATION OF TOMATO F<sub>1</sub> HYBRIDS WITH A COMPLEX OF ALLELES OF HIGH CAROTENOIDS AND ANTHOCYANINS ACCUMULATION AND DISEASE RESISTANCE

Olga Gennadievna Babak<sup>1</sup>, Elizaveta Valerievna Drozd<sup>1</sup>, Natalya Aleksandrovna Nekrashevich<sup>1</sup>, Natalya Vladimirovna Anisimova<sup>1</sup>, Konstantia Konstantinovna Yatsevich<sup>1</sup>, Irina Gennadievna

Pugacheva<sup>2</sup>, Mikhail Mikhailovich Dobrotkin<sup>2</sup>, Svetlana Ilyinichna Ignatova<sup>3</sup>, Alexander Vladimirovich Kilchevsky<sup>1</sup>

1Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk

2 Belarusian State Agricultural Academy, Gorki

3All-Russian Scientific Research Institute for Vegetable Growing, Branch of the FSBSI “Federal Scientific Centre for Vegetable Growing”, Vereya village, Moscow Region

**Abstract.** Based on the developed molecular markers and adapted DNA typing techniques for the alleles of fruit quality genes: *CRTISO* (*t*), *CYCB* (*B*, *b*) *DET1* (*hp-2<sup>dg</sup>*) genes, the GARP TF *GLK2* (*U*, *u*, and *U-del52*) gene, MYB transcription factor genes (*Y*, *Ant1*, *An2*, and *Atv*), as well as disease resistance alleles *I-2*, *I-7*, *Cf-4*, *Cf-4A*; *Cf-5* *Cf-9*, *Ph-3*, *Ve*, *Ty-2*, and *Ty-3*, the selection material was obtained to develop F1 hybrids with high antioxidant properties. Two-year tests of 35 F1 hybrids were developed and carried out, and based on their results, the best highly productive hybrids were transferred for State Variety Testing.

**Key words:** *Solanum lycopersicum*, DNA markers, hybrids

**Введение.** Современная направленность перехода к здоровому образу жизни напрямую связана с проблемами функционального питания человека, с созданием диетических и функциональных продуктов питания растительного происхождения, обладающих высокой антиоксидантной активностью за счет накопления комплекса биологически активных веществ. Наиболее важными с точки зрения потребления человеком являются такие группы пигментов, накапливаемых в овощных растениях, как каротиноиды и антоцианы. Создание новых форм растений (сортов и гибридов) для функционального питания требует знания закономерностей накопления и генетического контроля содержания БАВ растений, поиска молекулярных маркеров, обеспечивающих эффективный отбор интересующих форм.

Маркер-сопутствующий отбор (MAS – Marker Assisted Selection) – сравнительно новый подход в селекции растений, основанный на прямой оценке растений по генам, определяющим хозяйственно-ценный признак. В Институте генетики и цитологии НАН Беларуси (ИГЦ) используются собственные разработки, а также апробированы известные в литературе молекулярные маркеры к генам качества плодов, количества и состава каротиноидов (*t*, *B*, *og*, *og<sup>c</sup>*, *Del*, *hp-2<sup>dg</sup>*, *gf-3*, *U-del52*), антоцианов (*Ant1*, *An2*, *Atv*), устойчивости к болезням (*I-2*, *I-2C*, *I-7*, *Mil.2*, *Cf-2*, *Cf-4*, *Cf-4A*, *Cf-5*, *Cf-9*, *Ph-2*, *Ph-3*, *Ve*, *Tm2<sup>2</sup>*, *Ty-2*, *Ty-3*), а также к гену, контролирующему тип роста главного побега (*Sp*). Совместно с Белорусской государственной сельскохозяйственной академией (БГСХА) в результате циклической селекции созданы формы, сочетающие в своем генотипе 3-5 целевых аллелей, определяющих пигментный состав плодов томата, и 2-3 гена устойчивости к болезням. В результате совместных исследований с ВНИИО и селекционной агрофирмой «Ильинична» создан ряд линий с широким комплексом аллелей устойчивости к болезням.

**Цель работы.** В связи с вышеизложенным, целью данных исследований было создание высокопродуктивных гибридов томата с повышенными антиоксидантными свойствами, обусловленными комплексом аллелей, определяющих содержание каротиноидов (*t*, *og<sup>c</sup>*, *hp-2<sup>dg</sup>*, *U/U-del52*) и антоцианов (*Y*, *Ant1*, *An2-Aft*, *atv*) с использованием молекулярных маркеров.

**Материалы и методы.** Для создания гибридов использованы образцы, созданные в ИГЦ и БГСХА, а также в ВНИИО и селекционной агрофирме «Ильинична». Отбор форм для гибридизации проводился по результатам ДНК-типирования материала с использованием ПЦР-анализа. Осуществлен поиск молекулярных маркеров следующих целевых аллелей генов качества плодов: *CRTISO* (*tangerine*, *t*), *CYCB* (*old gold crimson*, *og<sup>c</sup>*; *beta*, *b*; *Beta*, *B*), *DET1* (*high pigment*, *hp-2<sup>dg</sup>*), *GLK2* (*U*, *U-del52*), *SlMyb12* (*yellow*, *Y/y*) *R2R3Myb* (*Anthocyanin*, *Ant1*; *Anthocyanin2*, *An2*), *R3Myb* (*Atroviolacium*, *atv*) и устойчивости к болезням: фузариозу (*I-2*, *I-3*, *I-7*), кладоспориозу (*Cf-2*, *Cf-4*, *Cf-4A*, *Cf-5*, *Cf-9*), мелойдогинозу (*Mil.2*), фитофторозу

(*Ph-2*, *Ph-3*), вертициллезу (*Ve*), вирусу мозаики томата (*Tm2<sup>2</sup>*), вирусу желтой курчавости листьев (*Ty-2*, *Ty-3*) [1-4]. С использованием метода гибридизации по схеме топкроссов получены 35 гибридов F<sub>1</sub>, проведены фенотипическая оценка окраски плодов, их биохимический анализ с использованием методов спектрофотометрии и ВЭЖХ, выполнен учет биометрических признаков (высота, число кистей на главном стебле, завязываемость плодов на 1-3 кистях и др.), двухлетние испытания по признакам урожайности в условиях остекленных теплиц (БОС ИГЦ – центральная часть Беларуси) и карбонатных необогреваемых теплиц (БГСХА – северо-восточная часть Беларуси).

**Результаты.** Отбор родительских форм с комплексом генов качества и устойчивости к болезням был осуществлен с применением функциональных ПЦР маркеров целевых аллелей. По результатам молекулярного анализа генотипов, а также фенотипического анализа были отобраны образцы (21 линия) в качестве родительских форм томата для скрещивания. На рисунках 1 и 2 показаны частичные результаты ПЦР-анализа.

Состав целевых аллелей качества плодов и устойчивости к болезням, а также индетерминантного типа роста главного побега (*Sp*) в генотипах отобранных для гибридизации форм представлен в таблице 1. С использованием данных форм в 2021 году были получены 35 гибридов F<sub>0</sub> с комплексом генов качества и устойчивости.

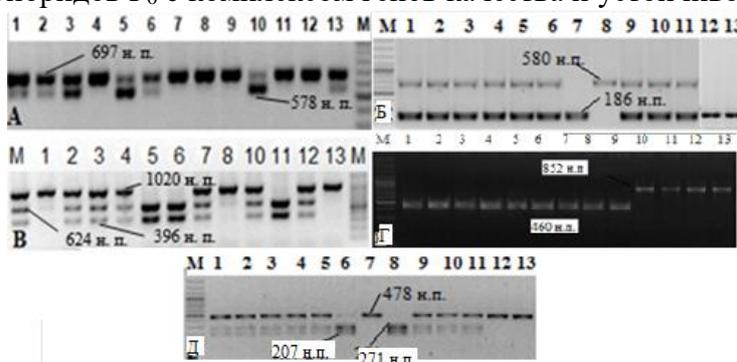


Рисунок 1. Продукты амплификации ДНК 13 образцов на наличие аллелей качества с CAPS маркером *hp-2<sup>dgF</sup>/hp-2<sup>dgR</sup>-AclI* (А); SCAR маркером *An2-4* (Б); CAPS маркером *SpF/R-MvaI* (В); SCAR маркером *Atv2* (Г); CAPS маркером *Ant1-NcoI* (Д)

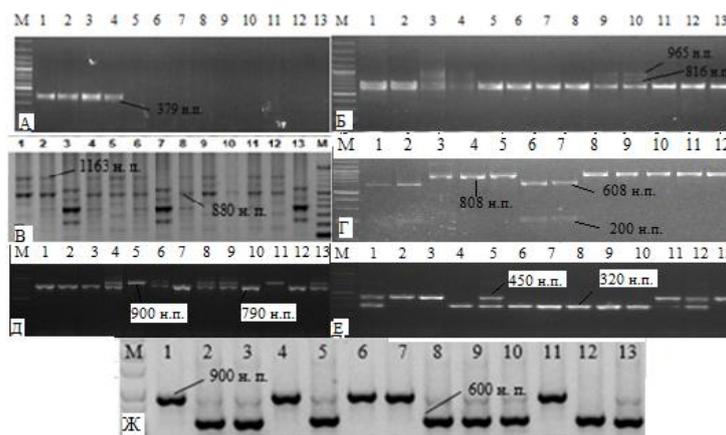


Рисунок 2. Продукты амплификации ДНК 13 образцов на наличие аллелей устойчивости с SCAR маркером *Cf9* (А); SCAR маркером *Cf4* (Б); CAPS маркером SCAR маркером 2-5 *Cf* (В); CAPS маркером *I-7* (Г); SCAR маркером *Ty-2* (Д); SCAR маркером *Ty-3* (Е); SCAR маркером *NCLB-9-6678 (Ph3)* (Ж)

Таблица 1 – Состав аллелей качества плодов и устойчивости к болезням у родительских форм

Название родительской формы	Целевые аллели
Линия №1	<i>t, b, y, Ant1, An2-Aft, atv, U-del52, Sp, Ph3</i>
Линия №2	<i>t, b, Y, ant1, Myb75, Atv, Sp, U, ph3</i>

Линия №3	<i>t, b, Y, ant1, Myb75, Atv, U, Sp, ph3</i>
Линия №4	<i>t, b, y, ant1, Myb75, Atv, Sp, U, ph3</i>
Линия №5	<i>t, b, y, ant1, Myb75, Atv, Sp, U, Ph3</i>
Линия №6	<i>b, Y, Ant1, An2-Aft, atv, Sp, U-del52, Ph3</i>
Линия №7	<i>og<sup>c</sup>, Y, ant1, Myb75, Atv, hp2<sup>dg</sup>, U, Sp, ph3, Ve</i>
Линия №8	<i>b, y, Ant1, An2-Aft, atv, U-del52, Sp, ph3</i>
Линия №9	<i>b, Y, ant1, Myb75, Atv, u, Sp, ps-2, Ph-3, Cf-5</i>
Линия №10	<i>b, Y, Ant1, An2-Aft, atv, hp2<sup>dg</sup>, U, Sp, Ph3, Ve</i>
Линия №11	<i>b, y, ant1, Myb75, U, Sp, ph3, atv2</i>
Линия №12	<i>b, Y, ant1, Myb75, Atv, Sp, u, ph3, Tm2, Cf-4, Cf-9</i>
Линия №13	<i>b, y, ant1, Myb75, Atv, Sp, u, ph3, Cf-4, Cf-5, Cf-9, Tm2<sup>2</sup>, Ve, I-2, I-7, Ty-3</i>
Линия №14	<i>b, Y, ant1, Myb75, Atv, U, Sp, ph3</i>
Линия №15	<i>b, Y, Ant1, An2-Aft, atv, U, Sp, Ph3</i>
Линия №16	<i>b, Y, Ant1, An2-Aft, atv, U-del52, Sp, ph3</i>
Линия №17	<i>b, y, ant1, Myb75, Atv2, Sp, U, ph3</i>
Линия №18	<i>b, y, Ant1, An2-Aft, atv, U-del52, Sp, ph3</i>
Линия №19	<i>b, Y, ant1, Myb75, Atv, U, Sp, ph3</i>
ЛВРН <sub>д</sub>	<i>B, Y, ant1, Myb75, hp2<sup>dg</sup></i>
ЛтВРН <sub>д</sub>	<i>t, B, Y, ant1, Myb75, hp2<sup>dg</sup></i>

В 2022-2023 г. выполнен учет и статистический анализ признаков урожайности полученных гибридов F<sub>1</sub> на опытной станции Института генетики и цитологии НАН Беларуси и БГСХА.

Согласно итоговым результатам испытания в двух центрах, лучшими по комплексу признаков были: №7, 8, 10, 11, 19, 4Б, 10Б, 12Б, 13Б. В таблице 2 представлены значения урожайности лучших форм. Согласно полученным данным ряд гибридов с комплексом аллелей повышенного содержания каротиноидов и антоцианов имел урожайность на уровне лучших по продуктивности гибридов-стандартов, что демонстрирует возможность отбора форм одновременно с высоким качеством плодов и урожайностью.

**Таблица 2 – Показатели урожайности лучших созданных гибридов.**

Номер гибрида	Товарная урожайность, кг/м <sup>2</sup>			Общая урожайность, кг/м <sup>2</sup>			Масса плода, г		
	ИГЦ	БГСХА	Ср.	ИГЦ	БГСХА	Ср.	ИГЦ	БГСХА	Ср.
Старт F <sub>1</sub> (стандарт)	6,89	9,36	8,12	7,62	11,16	9,39	64,3	116,3	90,3
Аламина F <sub>1</sub> (стандарт)	8,65	7,15	7,90	8,89	8,60	8,74	100,3	119,2	121,2
4Б	5,88	8,28	7,08	6,47	10,10	8,28	71,0	104,3	87,6
10Б	4,40	9,42	6,91	4,75	10,54	7,64	42,6	60,4	51,5
12Б	6,88	8,00	7,44	7,37	9,45	7,41	60,0	75,4	67,7
13Б	5,82	8,95	7,38	6,16	10,57	8,36	48,6	82,9	65,7
7	7,36	6,26	6,81	7,63	6,84	7,23	39,0	55,0	47,0
8	8,23	-	-	8,48	-	-	44,0	-	-
10	7,18	9,97	8,57	7,34	11,87	9,60	68,3	84,3	76,3
11	7,62	8,04	7,83	7,87	9,10	8,48	94,3	124,3	109,3
19	8,18	10,50	9,34	8,40	11,54	9,97	82,6	104,4	93,5

**Выводы.** На основе разработанных молекулярных маркеров и адаптированных методик ДНК-типирования аллелей качества плодов (повышенное содержание каротиноидов и антоцианов), устойчивости к болезням отобраны родительские формы, созданы гибриды F<sub>1</sub>, проведена их комплексная оценка, по результатам которой лучшие гибриды переданы для государственного сортоиспытания в 2024 году. Показана возможность отбора форм одновременно с высоким качеством плодов и урожайностью.

### Список литературы

1. Кильчевский, А.В. ДНК-типирование генов качества плодов и устойчивости к болезням томата / А.В. Кильчевский, О.Г. Бабак, С.В. Малышев, В.Ф. Аджиева, Н.А. Некрашевич, К.К.

Яцевич, А.В. Кондратюк; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Национальная академия наук Беларуси, Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси. – Минск, 2016. – с. 41. – ISBN 978-985-552-526-5.

2. Babak O.G., Nekrashevich N.A., Yatsevich K.K., Malyshev S.V., Kilchevsky A. V. Genetic bases of tomato marker-assisted selection in Belarus. Eurobiotech. J. 2018; 2(2):128-135, doi:10.2478/ebtj-2018-0017

3. Изучение особенностей взаимодействия генов *Ant1*, *An2* и *Atv* у *Solanum lycopersicum* / Е. В. Дрозд О. Г. Бабак, Н. В. Анисимова, Н. А. Некрашевич, К. К. Яцевич, А. В. Кильчевский // XX Международной научной конференции “Молодежь в науке” – Минск: Беларуская навука, 2023. – 132-134 с. – ISBN 978-985-08-3050-0

4. Новые молекулярные маркеры повышения антиоксидантных свойств плодов томата / О. Г. Бабак, Е. В. Дрозд, Н. А. Некрашевич, Н. В. Анисимова, К. К. Яцевич, А. В. Кильчевский // Материалы Международной научной конференции «Настоящее и будущее биотехнологии растений», – Минск: ИВЦ Минфина, 2023. – С.61

УДК 634.1/.7

### **Анализ сортов и форм вишни по классификационным группам**

**Багиров Орхан Рза**

Нахчыванское Отделение Национальной Академии Наук Азербайджана, г. Нахчыван

В исследовательской работе по классификационным группам изучены выращиваемые в Нахчыванской Автономной Республике вишни группы морель и аморель, интродуцированные сорта и относящиеся к формам сортотипы. По генетическому составу выявлено, что 20,8% сортов и форм являются скороспелыми, 66,7% среднеспелыми, 12,5% позднеспелыми. При дегустации 53,3% сортов и форм группы морель, 55,5% сортов и форм группы аморель оценены высокими баллами. В результате исследований явлено, что 50,0% форм являются перспективными для посадки садов промышленного значения.

**Ключевые слова:** вишня, генетический состав, морель, скороспелый, кислотность, дегустация

### **Analysis of cherry sorts and forms by classification groups**

**Baghirov Orkhan Rza**

Nakhchivan Branch of Azerbaijan National Academy of Sciences, Nakhchivan city

In the investigation local and introduction sorts of morel and amorel group cherry and the forms belong to sort types cultivated in Nakhchivan Autonomous Republic had been learnt according to their classification groups. It was defined that 20,8% of sorts and forms are early ripen, 66,7% of them are middle ripen, 12,5% of them are late ripen. During the dequstation 53,3% morel group sorts and forms, 55,5% amorel group sorts and forms are highly valued. Result of the investigation it is proved that 50 percentage of the forms is perspective for industry importance horticulture.

**Key words:** cherry, genetic composition, morel, early ripen, acidity, dequstation

#### **Введение**

Выращиваемая в Нахчыванской Автономной Республике вишня, полностью удовлетворяя потребность населения, является главным сырьем для перерабатывающих предприятий. Местные сорта вишни в Нахчыванской Автономной Республике, расположенной на Великом Шелковом Пути, народные специалисты по селекции получили из существующих в регионе дикорастущих видов методом простого отбора и, постоянно совершенствуя их, вывели новые полезные сорта. Кроме этого, многие сорта вишни ввозились сюда из различных