


## ОЦЕНКА И ОТБОР СОРТОВ ЯБЛОНИ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА ПОВЫШЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПЛОДАХ

М.А. Макаркина , Е.Н. Седов, О.А. Ветрова

ФГБНУ ВНИИ селекции плодовых культур, 302530, Россия, Орловская область, Орловский район, д. Жилина, ВНИИСПК, [info@vniispk.ru](mailto:info@vniispk.ru)

### Аннотация

Создание новых сортов яблони с улучшенным химическим составом плодов – одно из приоритетных направлений селекционной программы Всероссийского НИИ селекции плодовых культур. Важнейшим показателем, обуславливающим антиоксидантную активность яблок, являются фенольные соединения. В статье представлено многолетнее исследование 75 сортов яблони по содержанию в плодах Р-активных катехинов и общего количества фенольных соединений. Выделены генотипы различных сроков созревания, различного происхождения, иммунные (*Rvi6*) и устойчивые (*Rvi5*) к парше, имеющие диплоидный (2х) и триплоидный (3х) набор хромосом, сильнорослые и интенсивного типа (ген *Co*), в качестве источников изучаемых признаков. Наивысший показатель содержания катехинов в плодах ( $185,9 \pm 18,8$  мг/100 г) отмечен по группе сортов осеннего срока созревания, лучшие из них: Соковинка, Славянин, Память Исаева, Зарянка, Орловский пионер, полученные от скрещивания Антоновка краснобочка × SR0523 (159,0...288,0 мг/100 г). Из сортов летнего срока созревания выделены: Желанное, Орловим, Раннее алое, Юбиляр (152,0...170,0 мг/100 г), зимнего срока созревания – Курнаковское, Олимпийское, Поэзия, Свежесть, Бежин луг, Куликовское, Старт, Здоровье, Академик Савельев, Праздничное, Орловская заря, Памяти Блынского, Вита, Марс, Имрус, Память Семакину, Чистотел, Кандиль орловский, Утренняя звезда, (161,2...353,5 мг/100 г). В качестве источников общего количества фенольных соединений (более 400,0 мг/100 г) отобраны и более детально проанализированы следующие сорта: с геном *Rvi6* – Старт, Зарянка, Ивановское, Имрус, Орловское полесье, Здоровье, Болотовское, Памяти Хитрово, Кандиль орловский; с геном *Rvi5* – Орловский пионер и Чистотел; триплоиды – Память Семакину, Бежин луг, Тургеневское, Марс, Орловский партизан, Тренер Петров, Патриот, Августа (404,0...623,9 мг/100 г), из них у сортов Марс и Тренер Петров присутствует ген *Rvi6*.

**Ключевые слова:** яблоня, сорта, качество плодов, фенольные соединения, катехины

## EVALUATION AND SELECTION OF APPLE CULTIVARS FOR BREEDING FOR HIGHER CONTENT OF PHENOL COMPOUNDS IN FRUIT

М.А. Makarkina , E.N. Sedov, O.A. Vetrova

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 302530, Russia, Orel region, Orel district, Zhilina, VNIISPК, [info@vniispk.ru](mailto:info@vniispk.ru)

### Abstract

The creation of new apple cultivars with improved chemical composition of fruits is one of the priorities of the breeding program of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding. Phenolic compounds are the most important indicator that determines the antioxidant activity of apples. This article presents the long-term studies of 75 apple cultivars according to the content of P-active catechins in fruits and the total number of phenolic compounds. Genotypes of different maturation periods, of different origin, immune (*Rvi6*) and resistant (*Rvi5*) to scab, having a diploid

(2x) and triplet (3x) set of chromosomes, strong-grown and of intensive type (*Co* gene), have been identified as sources of the studied traits. The highest indicator of catechin content in fruits ( $185.9 \pm 18.8$  mg/100 g) was noted in the group of cultivars of the autumn ripening period, the best of them are Sokovinka, Slavyanin, Pamyat Isaeva, Zaryanka and Orlovsky Pioneer, developed from crossing Antonovka Krasnobochka  $\times$  SR0523 (159,0—288,0 mg/100 g). From the cultivars of the summer ripening period the following cultivars have been distinguished: Zhelannoye, Orlovim, Rannye Aloye and Yubilyar (152,0—170,0 mg/100 g); from the cultivars of the winter ripening period – Kurnakovskoye, Olimpiyskoye, Poeziya, Svezhest, Bezhin Lug, Kulikovskoye, Start, Zdorovie, Academic Saveliev, Prazdnichnoye, Orlovskaya Zarya, Pamyati Blynskogo, Vita, Mars, Imrus, Pamyat Semakinu, Chistotel, Kandil Orlovsky and Utrenya Zvezda, (161,2—353,5 mg/100 g). The following cultivars were selected and analyzed in more detail as sources of the total amount of phenolic compounds (more than 400.0 mg/100 g): with *Rvi6* gene – Start, Zaryanka, Ivanovskoye, Imrus, Orlovskoye Polesie, Zdorovye, Bolotovskoye, Pamyati Hitrovo, Candil Orlovsky; with *Rvi5* gene – Orlovsky Pioneer and Chistotel; triploids – Pamyat Semakinu, Bezhin Lug, Turgenevskoye, Mars, Orlovsky Partizan, Trener Petrov, Patriot and Avgusta (404,0—623,9 mg/100 g), of these Mars and Trener Petrov have the *Rvi6* gene.

**Key words:** apple, cultivars, fruit quality, phenol compounds, catechins

### Введение

Для поддержания здорового образа жизни человеческому организму необходим разнообразный рацион питания с преобладанием фруктов и овощей. Основными веществами, оказывающими положительное влияние на обмен веществ, окислительно-восстановительные реакции, происходящие в нем, являются антиоксиданты, в частности витамины. Незаменимую функцию среди них несут фенольные соединения (витамин P), в большей степени флавоноиды (Liu, 2013; Rodriguez-Mateos et al., 2014; Aguilera et al., 2016; Акимов и др., 2019; Korban, 2023). Фенольные соединения оказывают благотворное влияние на кроветворную систему организма, вместе с другими антиоксидантами снижают риск возникновения астмы, диабета, рака, ожирения, сердечно-сосудистых заболеваний. Полифенолы активно участвуют при лечении язвенных болезней желудочно-кишечного тракта (Panzella et al., 2013; Kalinowska et al., 2014; Lima et al., 2014; Liaudanskas et al., 2015; Jakobek et al., 2023). Именно фенольные соединения обладают наибольшей антиоксидантной активностью, они способны поглощать активные формы кислорода и азота, которые принимают непосредственное участие при возникновении ряда воспалительных заболеваний (Liaudanskas et al., 2015).

Плоды яблони не являются исключением, они в достаточных количествах богаты полифенолами: флавоноидами (флавонолами, катехинами, лейкоантоцианами), гидрооксикоричными кислотами, процианидинами, хлорогеновой кислотой и др. (Amaki et al., 2011; Hyson, 2011; Alberti et al., 2014). По данным многих исследователей яблоки – фрукты, накапливающие фенольные вещества в больших количествах (Liu, 2013; Panzella et al., 2013).

Отмечено, что существует сильная корреляция между содержанием фенольных соединений яблок и их антиоксидантной активностью. По данным J. Boyer, R.H. Liu они имеют второй (после клюквы) самый высокий уровень антиоксидантов по сравнению с другими широко потребляемыми фруктами, такими как, лимон, земляника, персик, красный виноград и т. д. (Boyer, Liu, 2004). Именно хлорогеновая кислота и катехины, присутствующие в яблоках, «очищают» организм от свободных радикалов и принимают участие в ферментативном обмене (Amaki et al., 2011; Panzella et al., 2013; Alberti et al., 2014;

Kalinowska et al., 2014). На количество полифенолов в яблоках оказывает влияние сортовая принадлежность, обусловленная значительной генетической изменчивостью полифенольных признаков (Shi, Wang, 2014; Raudonea et al., 2017; Mignardet et al., 2021). В плодах фенольные соединения распределены не равномерно, наибольшее их количество (на единицу массы) находится в кожце, меньше – в мякоти и семенах (Francini, Sebastini, 2013; Raudonea et al., 2017; Feng et al., 2021).

Яблоня занимает одно из лидирующих мест среди выращиваемых фруктовых культур в мире, уступая бананам и цитрусовым. В настоящее время яблоки производятся в 51 стране. Несмотря на большое количество производимых в мире фруктов население мира предпочитает яблоки многим из них. Их валовой сбор в мире вырос за последние два десятилетия до 87 млн. т, против 59 ранее при занимаемых площадях, превышающих 4 млн. га (Атажанова, Лукичева, 2021). Это объясняется приспособленностью к различным почвенно-климатическим условиям, большим разнообразием сортов и видов. В РФ это одна из любимых населением культур, дающая плодовую продукцию, 51% жителей российских городов из предложенного ассортимента фруктов предпочитает яблоки. Следует отметить, что до 1990 г. производство яблок в СССР возрастало до 24...26 млн. т и достигало 66...70 кг на душу населения против 38 кг в 1980 г., к 2009 г. – снизилось до 25...30 кг, а в 2016...2020 гг. – до 14,9 кг. Во многом это объясняется низкой покупательной способностью россиян. В настоящее время садоводство России проходит этап восстановления: происходит закладка молодых садов, в том числе и яблоневых (Егоров и др., 2018; Онищенко, Белоус, 2019; Кузичева, 2022). При этом важным остается вопрос создания сортов нового поколения. Особым направлением в селекционной программе ягодных и плодовых культур, в том числе и яблони, является получение новых сортов с показателями качества плодов, в том числе биохимическими, превышающими стандартные. Отсюда возникает задача – изучение существующего генофонда с последующим отбором лучших сортообразцов (доноров и источников) по исследуемым признакам. Всероссийский НИИ селекции плодовых культур (ВНИИСПК) – старейшее помологическое учреждение, в котором создано большое количество сортов плодовых и ягодных культур, в том числе более 80 сортов яблони (Седов, 2011).

Цель настоящих исследований – провести сравнительную оценку сортов яблони селекции ВНИИСПК по количеству накапливаемых в плодах фенольных веществ с дальнейшим выделением и рекомендацией лучших генотипов для комплексной селекционной программы.

### **Материалы и методы**

Объекты исследования – 75 сортов яблони, созданных во ВНИИСПК, выращенных на участках сортоизучения, различных по срокам созревания. Представлены среднемноголетние данные за 2000...2020 гг., изучение одного сорта проводилось 3...5 лет. Биохимические исследования проводили в лаборатории биохимической и технологической оценки сортов и хранения ВНИИСПК, применяя общепринятые методики: (Ермаков и др., 1987; Седов и др., 1995). Фенольные соединения в плодах определяли фотометрическим методом с использованием фотоколориметра ФЭК КФК-3-01 «ЗОМС»: Р-активные катехины определяли по шкале оптической плотности в спиртовом экстракте с использованием ванилинового реактива, общее количество фенольных соединений – с использованием реактива Фолина-Дениса (Самородова-Бианки, Стрельцина, 1989); содержание растворимых сухих веществ (РСВ) – рефрактометрическим методом с помощью цифрового рефрактометра PAL-3 (ATAGO) (ГОСТ ISO 2173-2013). При математической обработке данных применялся пакет анализа программы Microsoft Excel.

### Результаты и их обсуждение

Изучаемые сорта были сгруппированы по срокам созревания: летнего – 15 сортов, осеннего – 8 сортов, зимнего – 52 сорта. В качестве контрольных представлены широкораспространенные сорта Папировка (летнего срока созревания), Осеннее полосатое (осеннего срока созревания), Антоновка обыкновенная и Северный синап (зимнего срока созревания). Исследуемые сорта имеют различное происхождение, различную пloidность (2х и 3х), устойчивость или иммунитет (*Rvi5*, *Rvi6*) к парше, различную силу роста дерева. В настоящее время большое внимание уделяется созданию сортов, иммунных к парше, триплоидных (3х), со сдержанным ростом (колонновидных – Co), а также содержащих в своем генотипе перечисленные гены одновременно, т. е. – три в одном. Наряду с этим при получении новых генотипов особое место занимает направление – создание сортов с улучшенными биохимическими показателями качества плодов, в том числе биологически активными, определяющими антиоксидантную активность создаваемого продукта.

По изучаемым трем группам сортов яблони наибольшее количество катехинов (среднесортное значение) в плодах отмечено у осенних сортов  $185,9 \pm 18,8$  мг/100 г,  $153,8 \pm 6,3$  мг/100 г – на 17,3% меньше – у зимних и  $142,3 \pm 4,6$  мг/100 г – на 23,5% меньше – у летних (таблицы 1, 2, 3). В каждой группе необходимо выделить сорта, в плодах которых накапливалось большее количество катехинов по сравнению со среднесортным значением и показателем у контрольных сортов.

Среди сортов летнего срока созревания (таблица 1) выделились: Желанное, Орловим, Раннее алое, Юбиляр ( $151,9 \dots 170,0$  мг/100 г), имеющие различное происхождение. У сортов Масловское, Осиповское, Жилинское, Спасское, Дарёна, Августа, полученных от сорта Папировка тетраплоидная, отмечено низкое содержание катехинов в плодах ( $105,0 \dots 148,5$  мг/100 г). У контрольного сорта Папировка Р-активных катехинов в плодах накапливалось на уровне среднесортного значения  $141,1$  мг/100 г.

Таблица 1 – Содержание Р-активных веществ и РСВ в плодах сортов яблони летнего срока созревания

Сорт	Происхождение		РСВ, %	Катехины, мг/100 г	Сумма Р-активных веществ, мг/100 г
	материнская форма ♀	отцовская форма ♂			
Августа (3х)	Орлик	Папировка тетраплоидная	12,81	148,5	409,1
Дарёна (3х)	Мелба	Папировка тетраплоидная	13,53	139,1	336,9
Желанное	Мекинтош	свободное опыление	12,34	163,8	382,0
Жилинское (3х, <i>Rvi6</i> )	Редфри	Папировка тетраплоидная	12,22	128,2	329,7
Масловское (3х, <i>Rvi6</i> )	Редфри	Папировка тетраплоидная	12,24	105,0	288,0
Орлинка	Старк Эрлиест Прекос	Первый салют	11,29	145,2	314,4
Орловим ( <i>Rvi5</i> )	Антоновка обыкновенная	SR0523	11,88	151,9	298,7
Осиповское (3х)	Мантет	Папировка тетраплоидная	13,21	122,7	265,7
Подарок учителю	Каравелла	Орловим	12,44	138,5	308,6
Радость Надежды	Уэлси	свободное опыление	12,75	135,7	473,8
Раннее алое	Мелб	Папировка	11,68	170,0	298,0
Спасское (3х, <i>Rvi6</i> )	Редфри	Папировка тетраплоидная	12,91	134,4	333,7

продолжение таблицы 1

Сорт	Происхождение		PCB, %	Катехины, мг/100 г	Сумма Р-активных веществ, мг/100 г
	материнская форма ♀	отцовская форма ♂			
Тихий Дон (3x, Rvi6)	18-52-39 (Коричное полосатое × OR38T17)	Папировка тетраплоидная	12,43	166,0	364,9
Юбиляр (3x, Rvi6)	814	свободное опыление	11,12	157,6	363,0
Яблочный Спас (3x, Rvi6)	Редфри	Папировка тетраплоидная	12,39	128,4	369,3
Среднее, $\bar{x} \pm m$			12,35±0,17	142,3±4,6	342,4±13,8
Min			11,12	105,0	265,7
Max			13,53	170,0	473,8
V, %			5,4	12,5	15,4
Папировка	Контрольный сорт		11,22	141,1	258,6

Примечания: 3x – триплоидные сорта; Rvi5, Rvi6 – гены иммунитета к парше; V – коэффициент вариации

В группе с осенним сроком созревания (таблица 2) выделились сорта (в порядке возрастания показателя), происходящие от сорта Антоновка краснобочка и формы SR0523: Соковинка, Славянин, Память Исаева, Зарянка, Орловский пионер, (158,9...287,9 мг/100 г), у сорта Первинка, происходящего от этих же родительских форм, содержание катехинов в плодах было низким – 123,9 мг/100 г. Минимальное количество катехинов в плодах (96,9 мг/100 г) по изучаемой группе отмечено у контрольного сорта Осеннее полосатое.

Таблица 2 – Содержание Р-активных веществ и PCB в плодах сортов яблони осеннего срока созревания

Сорт	Происхождение		Катехины, мг/100 г	Сумма Р-активных веществ, мг/100 г
	материнская форма ♀	отцовская форма ♂		
Зарянка (Rvi5)	Антоновка краснобочка	SR0523	224,4	418,9
Орловский пионер (Rvi5)	Антоновка краснобочка	SR0523	287,9	514,1
Орловское полосатое	Мекинтош	Бессемянка мичуринская	145,8	261,3
Память Исаева	Антоновка краснобочка	SR0523	200,0	325,2
Первинка	Антоновка краснобочка	SR0523	123,9	282,9
Славянин	Антоновка краснобочка	SR0523	197,8	361,1
Соковинка	Антоновка краснобочка	SR0523	158,9	364,2
Солнышко (Rvi6)	814	Свободное опыление	148,7	349,5
Среднее, $\bar{x} \pm m$			185,9±18,8	359,7±28,1
Min			123,9	261,3
Max			287,9	514,1
V, %			28,6	22,1
Осеннее полосатое	Контрольный сорт		96,9	247,9

Примечания: Rvi5, Rvi6 – гены иммунитета к парше; V – коэффициент вариации

Наиболее многочисленна группа сортов зимнего происхождения (таблица 3). Выше среднего значения по данной группе сортов (160,0 мг/100 г и более) содержание катехинов в плодах имели (в порядке возрастания показателя): Курнаковское, Олимпийское, Поэзия, Свежесть, Бежин луг, Куликовское, Старт, Здоровье, Академик Савельев, Праздничное, Орловская заря, Памяти Блынского, Вита, Марс, Имрус, Память Семакину, Чистотел, Кандиль орловский, Утренняя звезда, (161,2...353,5 мг/100 г). У контрольных сортов Антоновка обыкновенная и Северный синап этот показатель был значительно ниже среднесортного значения по группе – 108,8 и 79,2 мг/100 г соответственно.

Таблица 3 – Содержание Р-активных веществ и РСВ в плодах сортов яблони зимнего срока созревания

Сорт	Происхождение		Катехины, мг/100 г	Сумма Р-активных веществ, мг/100 г
	материнская форма ♀	отцовская форма ♂		
Академик Савельев (3х)	Веньяминовское	25-35-144 (Уэлси тетраплоидный × Папировка тетраплоидная)	170,1	323,0
Александр Бойко (3х, Rvi6)	Прима	Уэлси тетраплоидный	102,9	330,
Афродита (Rvi6)	814	свободное опыление	128,0	361,4
Бежин луг (3х)	Северный синап	Уэлси тетраплоидный	161,6	448,9
Благодать (3х)	23-20-74 (814 – свободное опыление)	Джаент Спай	131,1	378,7
Болотовское (Rvi6)	Скрыжапель	1924	193,9	477,2
Бунинское	Северный синап	смесь пыльцы (Антоновка обыкновенная + Пепин шафранный)	154,8	250,4
Вавиловское (3х, Rvi6)	18-53-22 (Скрыжапель × OR18T13)	Уэлси тетраплоидный	150,0	345,0
Веньяминовское (Rvi6)	814	свободное опыление	94,8	234,9
Ветеран	Кинг	свободное опыление	139,6	230,2
Вита	Ренет Черненко	11-1-22	185,3	485,8
Восторг (Co, Rvi6)	270-124 (Маяк × KB 103)	23-17-62 (814 – свободное опыление)	112,3	306,0
Гирлянда (Co, Rvi6)	224-18 (SR0523 × Ваяк)	22-34-95 (814 × ПА-29-1-1-63)	92,9	231,5
День Победы (3х)	Ветеран	Хоркоут	125,9	349,0
Звезда эфира (Co, Rvi6)	224-18 (SR0523 × Ваяк)	22-34-95 (814 × ПА-29-1-1-63)	145,1	364,8
Здоровье (Rvi6)	Антоновка обыкновенная	OR18T47	167,2	450,0
Ивановское (Rvi6)	Уэлси	Прима	110,0	432,4
Имрус (Rvi6)	Антоновка обыкновенная	OR18T13	215,3	432,9
Кандиль орловский (Rvi6)	1924	свободное опыление	242,4	557,9
Куликовское	Кинг	свободное опыление	166,3	317,4
Курнаковское (Rvi6)	814	29-1-1-63	161,2	382,3
Марс (3х, Rvi6)	23-12-78 (814 – свободное опыление)	13-6-106 (сеянец Суворовца)	215,1	439,2
Министр Киселев (3х)	Чистотел	Уэлси тетраплоидный	146,0	364,9
Морозовское	Антоновка обыкновенная	Мекинтош	127,3	299,3
Низкорослое (3х)	Скрыжапель	Пепин шафранный	153,4	292,9
Олимпийское	Мекинтош	свободное опыление	161,2	280,1
Орлик	Мекинтош	Бессемянка мичуринская	100,0	221,7
Орловская Есения (Co)	224-18 (SR0523 × Ваяк)	22-34-95 (814 × ПА-29-1-1-63)	120,0	312,0
Орловская заря	Мекинтош	Бессемянка мичуринская	176,9	335,1
Орловский партизан (3х)	Орлик	13-6-106 (Сеянец Суворовца)	144,3	425,9
Орловское полесье (Rvi6)	814	свободное опыление	154,9	438,2
Памяти Блынского	224-18 (SR0523 × Ваяк)	22-34-95 (814 × ПА-29-1-1-63)	182,0	391,1
Памяти Хитрово (Rvi6)	OR18T13	свободное опыление	141,8	480,2
Память воину	Уэлси	Антоновка обыкновенная	99,1	182,3
Память Семакину (3х)	Уэлси	11-24-28	221,4	473,6
Патриот (3х)	16-37-63 (Антоновка краснобочка × SR0523)	13-6-103 (Сеянец Суворовца)	134,0	410,1
Пепин орловский	Пепин шафранный	свободное опыление	146,1	241,3

продолжение таблицы 3

Сорт	Происхождение		Катехины, мг/100 г	Сумма Р-активных веществ, мг/100 г
	материнская форма ♀	отцовская форма ♂		
Поэзия (Со, Rvi6)	224-18 (SR0523 × Ваяк)	свободное опыление	161,2	351,9
Праздничное (3х, Rvi6)	Прима	Джаент Спай	172,4	367,8
Приокское (Со, Rvi6)	224-18 (SR0523 × Ваяк)	свободное опыление	140,8	341,2
Пришвинское	Память Мичурина	свободное опыление	89,9	147,3
Рождественское (3х, Rvi6)	Уэлси	ВМ41497	128,5	367,8
Свежесть (Rvi6)	Антоновка краснобочка	PR12Т67	161,4	376,9
Синап орловский (3х)	Северный синап	Память Мичурина	100,9	205,1
Созвездие (Со Rvi6)	224-18 (SR0523 × Ваяк)	22-34-95 (814 × ПА-29-1-1-63)	124,0	267,9
Старт (Rvi6)	814	Мекинтош тетраплоидный	163,8	404,2
Строевское (Rvi6)	814	свободное опыление	158,7	396,3
Тренер Петров (3х, Rvi6)	18-53-22 (Скрыжаль × OR18Т13)	Уэлси тетраплоидный	142,3	417,8
Тургеневское (3х)	18-53-22 (Скрыжаль × OR18Т13)	Уэлси тетраплоидный	131,4	444,1
Утренняя звезда	Мекинтош	Бессемянка мичуринская	353,5	623,9
Чистотел (Rvi5)	Антоновка обыкновенная	SR0523	236,9	458,8
Юбилей Москвы (Rvi6)	814	свободное опыление	158,0	351,8
Среднее, $\bar{x} \pm m$			153,8±6,3	361,5±13,3
Min			89,9	147,3
Max			353,5	623,9
V, %			29,6	26,4
Антоновка обыкновенная	Контрольные сорта		108,8	339,6
Северный синап			79,2	136,8
Среднее по культуре, $\bar{x} \pm m$			154,9±5,0	357,5±10,0
Min			89,9	147,3
Max			353,5	623,9
V, %			28,6	24,2

Примечания: 3х – триплоидные сорта; Rvi5, Rvi6 – гены иммунитета к парше; Со – ген колонновидности; V – коэффициент вариации.

По накоплению общего количества фенольных соединений в плодах сорта располагаются в следующей последовательности: летние (342,4±13,8 мг/100 г), осенние (359,7±28,1 мг/100 г) и зимние (361,5±13,3 мг/100 г).

Согласно требованиям к новым сортам, обозначенным в «Программе и методике селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Седов и др., 1995) в плодах сортов яблони, создаваемых в Центрально-Черноземном регионе России, Р-активных веществ должно накапливаться не менее 200,0 мг/100 г. Значительное количество сортов яблони, созданных во ВНИИСПК, отвечают данному требованию, исключение сорта – Память воину (182,3 мг/100 г) и Пришвинское (147,3 мг/100 г). Общее количество полифенольных веществ по всем сортам находилось в пределах от 147,3 до 624,0 мг/100 г и составило в среднем 357,5±10,0 мг/100 г, с коэффициентом вариации 24,3%, немного превышающим среднее значение (V%).

Были рассчитаны коэффициенты парной корреляции (r) для установления сопряженности признаков. Содержание растворимых сухих веществ и катехинов, растворимых сухих веществ и общего количества Р-активных веществ не находятся в зависимости – r = -0,022 и +0,109 соответственно, между содержанием катехинов и общего

количества фенольных веществ установлена сравнительно высокая положительная связь  $r = 0,70$ .

Из трех групп нами выделены сорта с содержанием суммы фенольных соединений более 400,0 мг/100 г: Августа, Бежин луг, Болотовское, Вита, Зарянка, Здоровье, Ивановское, Имрус, Кандиль орловский, Марс, Орловский партизан, Орловский пионер, Орловское полесье, Памяти Хитрово, Память Семакину, Патриот, Радость Надежды, Старт, Тренер Петров, Тургеневское, Утренняя звезда, Чистотел, представляющие интерес для дальнейшего использования в селекции на высокое содержание фенольных соединений в плодах.

Эти сорта ценны не только из-за высокого накопления Р-активных веществ в плодах, сорта Старт, Зарянка, Ивановское, Имрус, Орловское полесье, Здоровье, Болотовское, Памяти Хитрово, Кандиль орловский имеют в своем генотипе ген *Rvi6*, Орловский пионер и Чистотел – *Rvi5*; сорта Августа, Бежин луг, Марс, Орловский партизан, Память Семакину, Патриот, Тренер Петров, Тургеневское являются триплоидами (3х), из них у сортов Марс и Тренер Петров присутствует ген *Rvi6*.

В таблице 4 представлена более полная биохимическая характеристика выделенных по содержанию фенольных веществ в плодах сортов.

Таблица 4 – Характеристика биохимического состава плодов сортов яблони – источников фенольных соединений

Сорт	Содержание					
	Растворимых сухих веществ, %	Сахаров, %	Органических кислот, %	Аскорбиновой кислоты, мг/100 г	Катехинов, мг/100 г	Суммы полифенолов, мг/100 г
Августа	12,81	10,90	0,75	8,8	148,5	409,1
Бежин луг	12,09	9,61	0,58	7,4	161,6	448,9
Болотовское	12,62	10,54	0,39	12,0	193,9	477,2
Вита	13,29	10,10	0,81	24,0	185,3	485,8
Зарянка	12,42	10,13	0,75	17,8	224,4	418,9
Здоровье	12,61	9,59	0,90	8,4	167,2	450,0
Ивановское	13,82	11,84	0,79	20,0	110,0	432,4
Имрус	12,59	9,71	0,69	9,8	215,3	432,9
Кандиль орловский	12,21	10,18	0,60	7,7	242,4	557,9
Марс	12,30	10,81	0,48	11,4	215,1	439,2
Орловский партизан	13,54	11,78	0,45	8,7	144,3	425,9
Орловский пионер	12,79	10,0	0,85	15,0	287,9	514,1
Орловское полесье	12,81	9,99	0,82	7,1	154,9	438,2
Памяти Хитрово	12,14	10,61	0,90	4,1	141,8	480,2
Память Семакину	11,78	9,59	0,88	9,4	221,4	473,6
Патриот	12,89	11,51	0,48	7,9	134,0	410,1
Радость Надежды	12,75	10,71	0,68	5,0	135,7	473,8
Старт	14,14	10,91	0,59	11,9	163,8	404,2
Тренер Петров	13,79	10,11	0,81	7,5	142,3	417,8
Тургеневское	14,18	11,42	0,55	5,2	131,4	444,1
Утренняя звезда	13,99	12,22	0,71	10,9	353,5	623,9
Чистотел	11,89	9,71	0,83	15,0	236,9	458,8

Кроме высокого содержания фенольных веществ в плодах у сортов Утренняя звезда, Тургеневское, Патриот, Орловский партизан, Ивановское, выявлено высокое для Средней зоны садоводства содержание сахаров более 11,0%; у сортов Вита, Зарянка, Ивановское, Орловский пионер – содержание аскорбиновой кислоты более 14,0 мг/100 г.



### **Заключение**

В результате проведенных многолетних исследований 75 сортов селекции Всероссийского научно-исследовательского института плодовых культур по содержанию Р-активных катехинов и общего содержания фенольных соединений в плодах были выделены генотипы, разных сроков созревания, различного происхождения, иммунные и устойчивые к парше, имеющие диплоидный и триплоидный набор хромосом, сильнорослые и интенсивного типа, в качестве источников изучаемых признаков.

В плодах сортов осеннего срока созревания отмечен наивысший средний показатель – содержание катехинов. Лучшими по накоплению катехинов выделены сорта осеннего срока созревания Соковинка, Славянин, Память Исаева, Зарянка, Орловский пионер, полученные от скрещивания Антоновка краснобочка × SR0523, летнего срока созревания – Желанное, Орловим, Раннее алое и сорт Юбиляр, зимнего срока созревания – Курнаковское, Олимпийское, Поэзия, Свежесть, Бежин луг, Куликовское, Старт, Здоровье, Академик Савельев, Праздничное, Орловская заря, Памяти Блинского, Вита, Марс, Имрус, Память Семакину, Чистотел, Кандиль орловский, Утренняя звезда.

В качестве источников общего количества фенольных соединений (более 400,0 мг/100 г) отобраны и более детально проанализированы сорта: Августа, Бежин луг, Болотовское, Вита, Зарянка, Здоровье, Ивановское, Имрус, Кандиль орловский, Марс, Орловский партизан, Орловский пионер, Орловское полесье, Памяти Хитрово, Память Семакину, Патриот, Радость Надежды, Старт, Тренер Петров, Тургеневское, Утренняя звезда, Чистотел (404,2...623,9 мг/100 г).

### **Благодарности**

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Создание новых конкурентоспособных, адаптивных сортов семечковых культур с использованием инновационных методов селекции и разработка экологически безопасных элементов технологии выращивания и переработки» (FGZS-2022-0008).

### **Конфликт интересов**

Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### **Литература**

1. Акимов М.Ю., Макаров В.Н., Жбанова Е.В. Роль плодов и ягод в обеспечении человека жизненно важными биологически активными веществами // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 2. С. 56-60. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10214>. EDN: ZBALUD
2. Атажанова Е.В., Лукичева Л.А. Анализ состояния и мировые тенденции выращивания и селекции яблони // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2021. № 3. С. 76-85. <https://doi.org/10.36305/2712-7788-2021-3-160-76-85>. EDN: BINFMM
3. Егоров Е.А., Шадрин Ж.А., Кочьян Г.А. Государственное регулирование рынка плодовой продукции как фактор обеспечения устойчивости отраслевого производства // Садоводство и виноградарство. 2018. № 3. С. 11-15. <https://doi.org/10.25556/VSTISP.2018.3.14168>. EDN: XUBBNR
4. Ермаков А.И., Арасимович В.Е., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Иконникова М.И. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. Ленинград: Агропромиздат, 1987. 430 с.
5. Кузичева Н.Ю. Стратегические ориентиры развития садоводства // Наука и Образование. 2022. Т. 5, № 2. EDN: OUVWGG

6. Онищенко К.В., Белоус О.Г. Анализ основных направлений в возделывании яблони (литературный обзор) // Субтропическое и декоративное садоводство. 2019. № 68. С. 137-146. <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2019-68-137-146>. EDN: TOZJHJ
7. Самородова-Бианки Г.Б., Стрельцина С.А. Исследование биологически активных веществ плодовых культур: методические указания. Л., 1989. С. 21-23.
8. Седов Е.Н. Селекция и новые сорта яблони. Орел: ВНИИСПК, 2011. 624 с. EDN: OKGZCH
9. Седов Е.Н., Седова З.А., Стрельцина С.А. Селекция на продуктивность и качество продукции // Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова. Орел: ВНИИСПК, 1995. С. 48-57. EDN: EQWEWS
10. Aguilera Y., Martin-Cabrejas M.A., Gonzalez de Mejia E. Phenolic compounds in fruits and beverages consumed as part of the mediterranean diet: their role in prevention of chronic diseases // *Phytochemistry Reviews*. 2016. Vol. 15, N 3. P 405-423. <https://doi.org/10.1007/s11101-015-9443-z>
11. Alberti A., Zielinski A.F., Zardo D.M., Demiate I.M., Nogueira A., Mafra L.I. Optimisation of the extraction of phenolic compounds from apples using response surface methodology // *Food Chemistry*. 2014. Vol. 149. P.151-158. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.086>
12. Amaki K., Saito E., Taniguchi K., Joshta K., Murata M. Role of chlorogenic acid quinone and interaction of chlorogenic acid quinone and catechins in the enzymatic browning of apple // *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2011. Vol. 75, N 5. P. 829-832. <https://doi.org/10.1271/bbb.100444>
13. Boyer J., Liu R.H. Apple phytochemicals and their health benefits // *Nutrition Journal*. 2004. Vol. 3. P. 5. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-3-5>
14. Feng S., Yi J., Li X., Wu X., Zhao Y., Ma Y.B.J. Systematic review of phenolic compounds in apple fruits: compositions, distribution, absorption, metabolism, and processing stability // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2021. Vol. 69, N 1. P 7-27. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c05481>
15. Francini A., Sebastiani L. Phenolic compounds in apple (*Malus x domestica* Borkh.): compounds characterization and stability during postharvest and after processing // *Antioxidants*. 2013. Vol. 2, N 3. P. 181-193. <https://doi.org/10.3390/antiox2030181>
16. Hyson D.A. A comprehensive review of apples and apple components and their relationship to human health // *Advances in nutrition*. 2011. Vol. 2(5). P 408-420. <https://doi.org/10.3945/an.111.000513>
17. Jakobek L, Istuk J, Barron AR, Matic P. Bioactive phenolic compounds from apples during simulated in vitro gastrointestinal digestion: kinetics of their release // *Applied sciences*. 2023. Vol. 13, N 14. P. 8434. <https://doi.org/10.3390/app13148434>
18. Kalinowska M., Bielawska A., Lewandowska-Siwkiewicz H., Priebe W., Lewandowski W. Apples: content of phenolic compounds vs. variety, part of apple and cultivation model, extraction of phenolic compounds, biological properties // *Plant physiology and biochemistry*. 2014. Vol. 84. P. 169-188. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.09.006>
19. Korban S.S. Apples: role of nutraceutical compounds // *Compendium of crop genome designing for nutraceuticals* / ed. Kole C. Singapore: Springer, 2023. P. 1-56. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-3627-2\\_34-1](https://doi.org/10.1007/978-981-19-3627-2_34-1)
20. Li N., Shi J., Wang K. Profile and antioxidant activity of phenolic extracts from 10 crabapples (*Malus wild species*) // *Journal agricultural and food chemistry*. 2014. Vol. 62, N 3. P 574-581. <https://doi.org/10.1021/jf404542d>
21. Liaudanskas M., Viskelis P., Kviklys D., Raudonis R., Janulis V. A comparative study of phenolic content in apple fruits // *International journal of food properties*. 2015. Vol. 18, N 5. P. 945-953. <https://doi.org/10.1080/10942912.2014.911311>

22. Lima G., Vianello F., Correa C., Campos R., Borguini M. Polyphenols in fruits and vegetables and its effect on human health // Food and nutrition sciences. 2014. Vol. 5, N 11. P. 1065-1082. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2014.511117>
23. Liu R.H. Dietary bioactive compounds and their health implications // Journal food science. 2013. Vol. 78, N s1. P. 18-25. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12101>
24. Mignard P., Begueria S., Reig G., Font i Forcada C., Moreno M.A., Genetic origin and climate determine fruit quality and antioxidant traits on apple (*Malus x domestica* Borkh) // Scientia horticulturae. 2021. Vol. 285. P. 110142. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110142>
25. Panzella L., Petriccione M., Rega P., Scortichini M., Napolitano A. A reappraisal of traditional apple cultivars from Southern Italy as a rich source of phenols with superior antioxidant activity // Food chemistry. 2013. Vol. 140, N 4. P. 672-679. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.121>
26. Raudonea L., Raudonis R., Liaudanskas M., Janulis V., Viskelis P. Phenolic antioxidant profiles in the whole fruit, flesh and peel of apple cultivars grown in Lithuania // Scientia horticulturae. 2017. Vol. 216 P. 186-192. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.005>
27. Rodriguez-Mateos A., Vauzour D., Krueger C.G., Shanmuganayagam D., Reed J., Calani L., Mena P., Del Rio D., Crozier A. Bioavailability, bioactivity and impact on health of dietary flavonoids and related compounds: an update // Archives of Toxicology. 2014. Vol. 88, N 10. P. 1803-1853. <https://doi.org/10.1007/s00204-014-1330-7>

#### References

1. Akimov, M.Yu., Makarov, V.N., & Zhbanova, E.V. (2019). Role of fruits and berries in providing human with vital biologically active substances. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*, 33(2), 56-60. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10214>. EDN: ZBALUD. (In Russian, English abstract).
2. Atazhanova, E.V., & Lukicheva, L.A. (2021). Analysis of the state and global trends in the cultivation and breeding of apple trees. *Plant biology and horticulture: theory, innovations*, 3, 76-85. <https://doi.org/10.36305/2712-7788-2021-3-160-76-85>. EDN: BINFMM. (In Russian, English abstract).
3. Egorov, E.A., Shadrina, Zh.A., & Kochyan, G.A. (2018). State regulation of the fruitmarket as a factor of ensuring the stability of industrial production. *Horticulture and viticulture*, 3, 11-15. <https://doi.org/10.25556/VSTISP.2018.3.14168>. EDN: XUBBNR. (In Russian, English abstract).
4. Ermakov, A.I., Arasimovich, V.E., Yarosh, N.P., Peruansky, Yu.V., Lukovnikova, G.A., & Ikonnikova, M.I. (1987). *Methods of biochemical research of plants*. Leningrad: Agropromizdat. (In Russian).
5. Kuzicheva, N.Yu. (2022). Strategic guidelines for gardening development. *Science and education*, 5(2), 58. EDN: OUVWGG. (In Russian, English abstract).
6. Onishchenko, K.V., & Belous, O.G. (2019). Analysis of the main directions in apple cultivation (literary review). *Subtropical and ornamental horticulture*, 68, 137-146. <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2019-68-137-146>. EDN: TOZJHJ. (In Russian, English abstract).
7. Samorodova-Bianki, G.B., & Streltsina, S.A. (1989). *Study of biologically active substances of fruit crops: methodical instructions* (pp. 21-23). Leningrad. (In Russian).
8. Sedov, E.N. (2011). *Breeding and new apple cultivars*. Orel: VNIISPK. EDN: OKGZCH. (In Russian, English abstract and conclusion).

9. Sedov, E.N., Sedova, Z.A., & Streltsina, S.A. (1995). Breeding for productivity and product quality. In E.N. Sedov (Ed.), *Program and methods fruit, berry and nut crop breeding* (pp. 48-57). Orel: VNIISPК. EDN: [EQWEWS](#). (In Russian).
10. Aguilera, Y., Martin-Cabrejas, M.A., & Gonzalez de Mejia, E. (2016). Phenolic compounds in fruits and beverages consumed as part of the mediterranean diet: their role in prevention of chronic diseases. *Phytochemistry Reviews*, 15(3), P 405-423. <https://doi.org/10.1007/s11101-015-9443-z>
11. Alberti, A., Zielinski, A.F., Zardo, D.M., Demiate, I.M., Nogueira, A., & Mafra, L.I. (2014). Optimisation of the extraction of phenolic compounds from apples using response surface methodology. *Food Chemistry*, 149, 151-158. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.086>
12. Amaki, K., Saito, E., Taniguchi, K., Joshta, K., & Murata, M. (2011). Role of chlorogenic acid quinone and interaction of chlorogenic acid quinone and catechins in the enzymatic browning of apple. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 75(5), 829-832. <https://doi.org/10.1271/bbb.100444>
13. Boyer, J., & Liu, R.H. (2004). Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition Journal*, 3, 5. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-3-5>
14. Feng, S., Yi, J., Li, X., Wu, X., Zhao, Y., & Ma, Y.B.J. (2021). Systematic review of phenolic compounds in apple fruits: Compositions, distribution, absorption, metabolism, and processing stability. *Journal of agricultural and food chemistry*, 69(1), 7-27. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c05481>
15. Francini, A., & Sebastiani, L. (2013). Phenolic compounds in apple (*Malus x domestica* Borkh.): compounds characterization and stability during postharvest and after processing. *Antioxidants*, 2(3), 181-193. <https://doi.org/10.3390/antiox2030181>
16. Hyson, D.A. (2011). A comprehensive review of apples and apple components and their relationship to human health. *Advances in nutrition*, 2(5), 408-420. <https://doi.org/10.3945/an.111.000513>
17. Jakobek, L., Istuk, J., Barron, A.R., & Matic, P. (2023). Bioactive phenolic compounds from apples during simulated in vitro gastrointestinal digestion: kinetics of their release. *Applied sciences*, 13(14), 8434. <https://doi.org/10.3390/app13148434>
18. Kalinowska, M., Bielawska, A., Lewandowska-Siwkiewicz, H., Priebe, W., & Lewandowski, W. (2014). Apples: content of phenolic compounds vs. variety, part of apple and cultivation model, extraction of phenolic compounds, biological properties. *Plant physiology and biochemistry*, 84, 169-188. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.09.006>
19. Korban, S.S. (2023). Apples: role of nutraceutical compounds. In: Kole C. (Ed.), *Compendium of crop genome designing for nutraceuticals* (pp. 1-56). Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-3627-2\\_34-1](https://doi.org/10.1007/978-981-19-3627-2_34-1)
20. Li, N., Shi, J., & Wang, K. (2014). Profile and antioxidant activity of phenolic extracts from 10 crabapples (*Malus wild species*). *Journal agricultural and food chemistry*, 62(3), 574-581. <https://doi.org/10.1021/jf404542d>
21. Liaudanskas, M., Viskelis, P., Kviklys, D., Raudonis, R., & Janulis, V. (2015). A comparative study of phenolic content in apple fruits. *International journal of food properties*, 18(5), 945-953. <https://doi.org/10.1080/10942912.2014.911311>
22. Lima, G., Vianello, F., Correa, C., Campos, R., & Borguini, M. (2014). Polyphenols in fruits and vegetables and its effect on human health. *Food and nutrition sciences*, 5(11), 1065-1082. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2014.511117>
23. Liu, R.H. (2013). Dietary bioactive compounds and their health implications. *Journal food science*, 78(s1), 18–25. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12101>

24. Mignard, P., Begueria, S., Reig, G., Font i Forcada, C., & Moreno, M.A. (2021). Genetic origin and climate determine fruit quality and antioxidant traits on apple (*Malus x domestica* Borkh). *Scientia horticulturae*, 285, 110142. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110142>
25. Panzella, L., Petriccione, M., Rega, P., Scortichini, M., & Napolitano, A. (2013). A reappraisal of traditional apple cultivars from Southern Italy as a rich source of phenols with superior antioxidant activity. *Food Chemistry*, 140(4), 672-679. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.121>
26. Raudonea, L., Raudonis, R., Liaudanskas, M., Janulis, V., & Viskelis, P. (2017). Phenolic antioxidant profiles in the whole fruit, flesh and peel of apple cultivars grown in Lithuania. *Scientia Horticulturae*, 216, 186-192. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.005>
27. Rodriguez-Mateos, A., Vauzour, D., Krueger, C.G., Shanmuganayagam, D., Reed, J., Calani, L., Mena, P., Del Rio, D., & Crozier, A. (2014). Bioavailability, bioactivity and impact on health of dietary flavonoids and related compounds: an update. *Archives of toxicology*, 88(10), 1803-1853. <https://doi.org/10.1007/s00204-014-1330-7>

**Авторы:**

**Маргарита Алексеевна Макаркина**, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией биохимической и технологической оценки сортов и хранения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции» (ФГБНУ ВНИИСПК) [makarkina@orel.vniispk.ru](mailto:makarkina@orel.vniispk.ru)

**Евгений Николаевич Седов**, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, профессор, лаборатория селекции семечковых культур ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур» (ФГБНУ ВНИИСПК), [sedov@orel.vniispk.ru](mailto:sedov@orel.vniispk.ru)

**Оксана Альфредовна Ветрова**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимической и технологической оценки сортов и хранения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции» (ФГБНУ ВНИИСПК) [vetrova@orel.vniispk.ru](mailto:vetrova@orel.vniispk.ru)

**Authors details:**

**Margarita Makarkina**, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the laboratory of biochemical and technological evaluation of cultivars and storage of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК) [makarkina@orel.vniispk.ru](mailto:makarkina@orel.vniispk.ru)

**Evgeny Sedov**, Doctor of Agricultural Sciences, RAS Academician, professor, pome crop breeding laboratory of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК) [sedov@orel.vniispk.ru](mailto:sedov@orel.vniispk.ru)

**Oksana Vetrova**, PhD in Agriculture, senior researcher at the laboratory of biochemical and technological evaluation of cultivars and storage of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК) [vetrova@orel.vniispk.ru](mailto:vetrova@orel.vniispk.ru).