

Научная статья

УДК 577.1:635

DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2023-13-2-255-262>

EDN: FPSKAN



Биохимический состав плодов яблонь районированных сортов, произрастающих в разных агроценозах

Н.Л. Наумова*✉, А.А. Лукин*, Т.Н. Слепнёва**, Е.А. Велисевич*

*Южно-Уральский государственный университет (НИУ), г. Челябинск, Российская Федерация

**Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН – структурное подразделение «Свердловская селекционная станция садоводства», г. Екатеринбург, Российская Федерация

Аннотация. Исследование вариабельности химического состава плодов под воздействием внешних факторов важно как с точки зрения процессов адаптации плодовых растений, так и в практических целях. Целью исследований явился сравнительный анализ биохимического состава яблок районированных сортов (Экранное осеннего срока созревания, Благая весть и Краса Свердловска зимних сроков созревания), произрастающих в разных агроценозах: в селекционной станции садоводства (с традиционной экстенсивной агротехникой возделывания) и в условиях крестьянско-фермерского хозяйства (с интенсивной агротехникой возделывания). Определено, что наименьшей вариабельностью для всех сортов яблок характеризовались такие показатели, как содержание нерастворимых пищевых веществ (1,4...1,6 г/100 г), для зимних плодов дополнительно количество флавоноидов (0,4%) и титруемая кислотность (1,5...1,7%), что позволяет считать их видоспецифичными. Уровни полифенолов и антиоксидантную активность зимних яблок можно рассматривать как сортоспецифичные свойства для плодов Благая весть (0,52...0,53 ммоль/л эквивалента галловой кислоты; 71,2...75,9%) и Краса Свердловска (0,65 ммоль/л эквивалента галловой кислоты; 89,7...90,1%) соответственно. Наибольшую зависимость от условий выращивания, т.е. особенностей агроценозов, проявили такие характеристики плодов, как содержание органических кислот, витамина С, сухих веществ, сахаров и минеральных элементов во всех сортах яблок, а в зимних сортах дополнительно сахарокислотный индекс. Яблоки осеннего срока созревания по биохимическому составу оказались более пластичными в ответ на изменение внешних факторов окружающей среды.

Ключевые слова: яблоки, биохимический состав, сорт, агроценоз

Для цитирования: Наумова Н.Л., Лукин А.А., Слепнёва Т.Н., Велисевич Е.А. Биохимический состав плодов яблонь районированных сортов, произрастающих в разных агроценозах // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2023. Т. 13. N 2. С. 255–262. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2023-13-2-255-262>. EDN: FPSKAN.

PHYSICOCHEMICAL BIOLOGY

Original article

Biochemical composition of zoned apple varieties growing in different agroecosystems

Natal'ya L. Naumova*✉, Alexander A. Lukin*, Tat'yana N. Slepneva**, Evgenii A. Velisevich*

*South Ural State University (NRU), Chelyabinsk, Russian Federation

**Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences – a structural unit of the Sverdlovsk Horticulture Selection Station, Yekaterinburg, Russian Federation

Abstract. The study of variability in the chemical composition of fruits under the influence of external factors is important both in terms of adaptation processes of fruit plants and for practical purposes. In this research, we aimed to carry out a comparative analysis of the biochemical composition of apples of such zoned varieties, as Ekranoe (autumn ripening), Blagaya Vest' and Krasa Sverdlovsk (winter ripening). The trees were growing in different agroecosystems: in a horticultural research station (conventional extensive cultivation) and in a farm (intensive cultivation). For all the studied apple varieties, the content of insoluble nutrients (1.4–1.6 g/100 g), as well as the level of flavonoids (0.4%) and titratable acidity (1.5–1.7%) for winter fruits, were characterized by the lowest variability among other indicators. These indicators, therefore, can be considered species-specific. The level of polyphenols and antioxidant activity of winter apples can be considered variety-specific indicators for Blagaya Vest' (0.52–0.53 mmol/l gallic acid equivalent; 71.2–75.9%) and Krasa Sverdlovsk (0.65 mmol/l gallic acid equivalent; 89.7–90.1%), respectively. In all apple varieties, the contents of organic acids, vitamin C, dry matter, sugars and

© Наумова Н.Л., Лукин А.А., Слепнёва Т.Н., Велисевич Е.А., 2023

mineral elements showed the greatest dependence on growing conditions. In winter varieties, this list also included the sugar/acid ratio. In terms of biochemical composition, autumn-ripening apples proved to be more responsive to changes in external environmental factors.

Keywords: apples, biochemical composition, variety, agroecocenosis

For citation: Naumova N.L., Lukin A.A., Slepneva T.N., Velisevich E.A. Biochemical composition of zoned apple varieties growing in different agroecoceneses. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* = *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2023;13(2):255-262. (In Russian). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2023-13-2-255-262>. EDN: FPSKAN.

ВВЕДЕНИЕ

В структуре плодородческой отрасли России яблоня – одна из самых распространенных плодовых культур. На долю плодов яблони от мирового производства всех фруктов приходится около 10,0%. Народнохозяйственное значение яблони заключается в высокой пищевой ценности плодов, т.к. они являются источником минеральных и органических веществ. Разнообразие сортов и огромный потенциал позволяют возделывать яблоню в различных климатических зонах [1]. Биохимический состав яблок обусловлен спецификой сорта, генотипическими особенностями, агроклиматическими условиями произрастания и уровнем агротехники. Значительный удельный вес при выборе сорта приходится на его экологическую устойчивость, продуктивность и качество плодов [2]. Кроме того, особое внимание стоит уделить и технологическим параметрам: размещению насаждений с учетом микроклимата, микрорельефа, экспозиции и крутизны склонов; уровню залегания грунтовых вод, плодородию почвы; качеству посадочного материала и его фитосанитарному состоянию; экологической устойчивости подвоев; современным конструкциям насаждений и др. [3–6].

Появление многочисленных сортов порождает необходимость подбора лучших из них применительно к внешним условиям конкретных территорий, а также формата хозяйствования и природопользования [7]. В районах с суровыми климатическими условиями Урала селекционерами достигнуты большие результаты по селекции яблони [6, 7], но совершенствование сортамента адаптивными сортами нового поколения, пригодными для интенсивных технологий возделывания с конкурентоспособными плодами на рынке, по-прежнему является актуальным [8].

Исследование вариативности химического состава плодов под воздействием внешних факторов значимо как с точки зрения процессов адаптации плодовых растений, так и в практических целях. Знание особенностей этого процесса важно и для увязки направленности селекционной работы с природными особенностями местности, местными подвоями, и для разработки способов активного регулирования химического состава плодов с целью дальнейшего успешного хранения и переработки [9–12].

Цель работы – провести сравнительный анализ биохимического состава яблок районированных сортов, произрастающих в разных агроценозах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектами исследований послужили плоды яблонь свердловской селекции сортов Экранное (осеннего срока созревания), Благая весть и Краса

Свердловска (зимних сроков созревания) урожая 2022 г., произрастающих в 2-х разных агроценозах: в условиях Свердловской селекционной станции садоводства – структурного подразделения Уральского федерального аграрного научно-исследовательского центра УрО РАН и в условиях ИП ГК(Ф)Х Филипповой А.А. (бренд «Григорьевские сады»). Климат в зоне проведения исследований континентальный.

Особенности агроценоза Свердловской селекционной станции садоводства следующие: расположение на юго-западном склоне Уктусских гор в природной зоне смешанных лесов в черте Чкаловского района г. Екатеринбурга Свердловской области (широта 56.769015, долгота 60.669223); почва дерново-подзолистая (pH 5,71–5,97); возраст плодовых культур – более 10 лет; подвой у исследуемых сортов яблонь семенной – Ранетка Пурпуровая; агротехника возделывания традиционная, экстенсивная, без орошения и удобрений.

Особенности агроценоза ИП ГК(Ф)Х Филипповой А.А. следующие: расположение в северной лесостепи Челябинской области в окрестностях д. Григорьевка Каслинского района (широта 56.158036, долгота 60.907736); почва дерновая (pH 6,17–7,42); возраст плодовых культур – 5–6 лет; подвой у исследуемых сортов яблонь вегетативно размножаемый клоновый 54-118; агротехника возделывания – по интенсивным технологиям (капельный полив и фертигация).

В свежих яблоках определяли общее содержание сухих веществ и влаги по ГОСТ 33977-2016, сахаров – по М 04-69-2011, органических кислот – по М 04-47-2012, нерастворимых пищевых волокон – по ГОСТ Р 54014-2010, флавоноидов – по Р 4.1.1672-2003, минеральных веществ – по МУК 4.1.1482-03 и МУК 4.1.1483-03, титруемую кислотность – по ГОСТ ISO 750-2013. В яблочных экстрактах определяли количество полифенолов по работе [13], витамина С – по исследованию [14], антиоксидантную активность (АОА) – по работе [15].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Высокое содержание сухих веществ (17,0–19,5%) было установлено у плодов яблонь, выращенных в условиях ИП ГК(Ф)Х Филипповой А.А., на фоне величины (11,8–15,0%) показателя идентичных сортов яблок Свердловской селекционной станции садоводства (табл. 1). Эта же тенденция была зафиксирована в общем содержании сахаров, что согласуется с общеизвестными данными о положительной корреляции ($r = 0,73$) между уровнем растворимых сухих веществ и суммой накопленных сахаров в плодах [16]. Оптимальным количеством сахаров в яблоках считают уровень 11–12% [17]. В этой связи продукция ИП

ГК(Ф)Х Филипповой А.А. с содержанием последних в диапазоне 13,7–17,4% выглядит более привлекательной. При детальном изучении фракционного состава сахаров определено, что во всех образцах яблок лидирующие позиции в количественном отношении занимает фруктоза (56–81%), затем следуют глюкоза (12–24%) и/или сахароза (до 32%) в зависимости от сорта и места произрастания культуры. Сахароза в яблоках сортов Экранное и Благая весть Свердловской селекционной станции садоводства не обнаружена. Как известно, содержание сахаров в плодах яблони зависит от погодных условий, уровня агротехники, положения яблока в кроне дерева, сроков созревания и т.д. [7, 11].

Основной кислотой плодов яблони является яблочная, она образуется из гексоз в процессе ды-

хания растительной клетки. Концентрация яблочной кислоты в яблоках зависит как от генетических особенностей сорта [18], агротехнических условий выращивания [19], так и от наличия высокомолекулярных сахаров – крахмала, клетчатки, при трансформации и распаде которых могут образовываться промежуточные продукты, необходимые для синтеза яблочной кислоты [20]. Определено существенное превосходство количества яблочной кислоты над уровнями янтарной (от 6 до 28 раз) и молочной (до 64 раз) кислот во всех пробах яблок. Молочная кислота не была обнаружена в яблоках сорта Благая весть Свердловской селекционной станции садоводства. Относительно высокое содержание анализируемых органических кислот в сравнительном аспекте было выявлено в плодовой продукции из г. Екатеринбурга.

Таблица 1. Биохимические показатели плодов яблони

Table 1. Biochemical parameters of apple fruits

Показатели	Результаты исследований яблок сорта					
	Экранное		Благая весть		Краса Свердловска	
	Свердловская селекционная станция садоводства	ИП ГК(Ф)Х Филипповой А.А.	Свердловская селекционная станция садоводства	ИП ГК(Ф)Х Филипповой А.А.	Свердловская селекционная станция садоводства	ИП ГК(Ф)Х Филипповой А.А.
Влага, %	86,0±1,5	80,5±1,6	88,2±2,3	82,6±1,8	85,0±1,7	83,0±1,9
Сухие вещества, %	14,0±0,5	19,5±0,4	11,8±0,3	17,4±0,3	15,0±0,4	17,0±0,2
Сахара, %, в т.ч.						
сахароза	– *	1,6±0,1	–	4,4±0,2	2,4±0,2	1,7±0,3
глюкоза	2,9±0,1	3,6±0,2	1,8±0,1	1,6±0,2	1,7±0,1	3,4±0,2
фруктоза	9,1±0,4	12,2±0,7	7,6±0,2	7,7±0,3	8,7±0,3	9,5±0,5
Органические кислоты, мг/кг, в т.ч.						
яблочная	7337,1±85,4	6529,3±77,2	24806,2±151,3	8297,0±88,2	29703,1±138,2	9025,1±101,4
янтарная	893,2±6,9	309,0±2,1	3145,3±27,8	1392,3±11,4	1527,2±19,6	326,0±2,7
молочная	871,4±6,2	327,1±2,8	–	279,0±4,8	463,2±5,7	988,7±7,3
Титруемая кислотность, %	1,0±0,1	1,4±0,1	1,7±0,1	1,5±0,1	1,7±0,1	1,7±0,1
Сахарокислотный индекс, о.е.	12,0±0,3	12,4±0,4	5,5±0,2	9,1±0,2	7,5±0,2	8,6±0,3
Нерастворимые пищевые волокна, г/100 г	1,6±0,1	1,5±0,1	1,6±0,1	1,4±0,1	1,5±0,1	1,6±0,1
Флавоноиды (в пересчете на рутин), %	0,05±0,01	0,06±0,01	0,04±0,01	0,04±0,01	0,04±0,01	0,04±0,01
Полифенолы, ммоль/л экв. галловой кислоты	0,61±0,02	0,43±0,01	0,52±0,02	0,53±0,02	0,65±0,02	0,65±0,03
Витамин С, мг/100 г	9,8±0,3	4,4±0,1	11,0±0,5	4,8±0,1	21,1±0,9	16,5±0,6
Антиоксидантная активность, %	88,4±2,9	70,9±2,1	75,9±2,7	71,2±3,1	90,1±3,1	89,7±3,6

Примечание. * – не обнаружено.

Содержание аскорбиновой кислоты (витамина С) в плодах яблони является нестабильным и варьируется в зависимости от степени зрелости плодов, продолжительности хранения, температурного и водного режимов созревания и др. [22]. Определено, что плоды, полученные в условиях Свердловской селекционной станции садоводства, также отличались ее повышенным содержанием: яблоки сортов Экранное и Благая весть – в 2,2–2,3 раза, Краса Свердловска – на 27,9%.

Очень высокое значение титруемых кислот (более 1,0%) было характерно для всех сортов яблок без видимой привязки к месту произрастания. При этом их минимальный показатель был свойственен плодам осеннего срока созревания Свердловской селекционной станции садоводства. По мнению ряда исследователей, гармоничный вкус имеют, как правило, плоды с сахарокислотным индексом 15–25, в связи с чем для яблок из Свердловской селекционной станции садоводства изначально предопределены более кислые ноты во вкусе, не считая плодов сорта Экранное.

Величины нерастворимых пищевых волокон не имели резких колебаний в исследуемых сортах яблок, вариабельность показателя составила 1,4...1,6 г/100 г.

Доказано, что уровень фенольных веществ в яблоках, в том числе флавоноидов, в большей степени зависит от климатической зоны произрастания, типа почвы, количества солнечных дней, объема выпавших осадков и т.д., но из всех факторов самым значимым является сорт яблок [21]. Полученные результаты испытаний лишь подтвердили высказанное мнение. Внутрисортной разрозненности величин данных показателей не наблюдалось, за исключением яблок сорта Экранное (в плодах Свердловской селекционной станции садоводства количество полифенольных соединений было на 41,9% выше).

АОА плодов яблони связывают не только с содержанием полифенолов, но и аскорбиновой кислоты и Р-активных веществ [23], а также с количествами глутатиона (около 20%) и салициантов [22]. С другой стороны, в яблоках содержатся такие антиоксидантные соединения, как катехин, эпикатехин, процианидин, хлорогеновая, кумаровая и галловая кислоты [24]. Причем различия в составе антиоксидантов являются не только видоспецифичными, но и сортоспецифичными [25]. Поэтому определенный интерес представляло изучение антиоксидантных свойств испытываемых сортов яблок. Определено, что яблоки зимних

Таблица 2. Минеральный состав плодов яблони

Table 2. Mineral composition of apple fruits

Элементы	Результаты исследований яблок сорта					
	Экранное		Благая весть		Краса Свердловска	
	Свердловская селекционная станция садоводства	ИП ГК(Ф)Х Филипповой А.А.	Свердловская селекционная станция садоводства	ИП ГК(Ф)Х Филипповой А.А.	Свердловская селекционная станция садоводства	ИП ГК(Ф)Х Филипповой А.А.
Al	0,46±0,03	1,36±0,07	0,75±0,10	0,34±0,01	0,36±0,02	1,26±0,05
B	0,66±0,04	1,26±0,05	0,80±0,04	1,14±0,03	1,28±0,02	1,32±0,04
Ba	– *	0,121±0,010	0,140±0,020	0,045±0,001	0,150±0,020	0,070±0,002
Ca	36,5±0,7	55,1±1,6	91,1±2,4	80,0±1,9	126,4±6,2	58,3±1,7
Co	0,011±0,001	–	–	–	–	0,018±0,001
Cr	0,013±0,001	0,020±0,001	–	–	0,021±0,001	0,024±0,001
Cu	0,15±0,04	0,21±0,02	0,18±0,03	0,13±0,01	0,14±0,01	0,29±0,01
Fe	0,62±0,02	1,25±0,05	1,42±0,07	0,52±0,01	0,93±0,04	2,75±0,09
K	726,3±11,0	1250,3±23,0	1259,2±28,8	1367,1±21,2	1215,1±14,5	1498,0±24,5
Mg	5,4±0,2	14,6±0,4	16,0±0,5	6,8±0,2	18,5±0,4	29,4±0,3
Mn	0,056±0,002	0,221±0,012	0,160±0,010	0,182±0,010	0,130±0,010	0,331±0,010
Na	–	1,96±0,08	–	–	–	1,13±0,06
Ni	0,027±0,001	0,037±0,003	–	–	0,025±0,002	–
P	78,5±2,2	124,1±2,5	162,2±5,3	103,1±1,5	127,1±2,8	146,0±2,6
Pb	0,048±0,003	0,103±0,005	0,050±0,002	0,036±0,001	0,030±0,002	0,047±0,001
Si	2,22±0,03	2,19±0,06	2,28±0,03	1,24±0,05	1,62±0,02	2,98±0,08
Sr	0,031±0,001	0,077±0,003	0,130±0,010	0,028±0,001	0,110±0,010	0,066±0,002
Ti	–	–	–	–	–	0,15±0,01
Zn	0,22±0,02	0,34±0,02	0,26±0,02	0,49±0,01	0,27±0,02	0,52±0,02

Примечание. *– не обнаружено.

сроков созревания имеют наименьшую вариабельность показателя внутри сорта: Краса Свердловска (89,7...90,1%), Благая весть (71,2...75,9%), независимо от места произрастания, что не было характерным для осенних плодов. Так, у яблок Свердловской селекционной станции садоводства АОО была на 19,8% выше величины плодов производства ИП ГК(Ф)Х Филипповой А.А.

Безусловно, рентабельность садоводства зависит от применения рациональной системы удобрений, в том числе минеральных, с учетом биологических особенностей плодовых культур, возраста сада, фазы развития растений, почвенных и погодных условий. Использование удобрений важно для повышения урожайности плодовых культур [26]. Кроме того, элементный состав почвы агроценоза зависит от химического состава почвообразующей породы и влияния почвообразовательного процесса на перераспределение элементов по профилю почвы, которое может изменяться при систематическом внесении минеральных и органических удобрений и в результате длительной эксплуатации почвы в сельскохозяйственных целях [22]. Исходя из вышесказанного, минеральный состав плодов яблони зависит как от состава применяемых минеральных удобрений, так и от геохимических особенностей почвы. Установлено (табл. 2), что яблоки сортов Экранное и Краса Свердловска производства ИП ГК(Ф)Х Филипповой А.А. и плоды сорта Благая весть Свердловской селекционной станции садоводства имели относительно высокое содержание большинства минеральных компонентов по сравнению с сортами-аналогами, что делает их более конкурентоспособными с позиций современной нутрициологии. Так, яблоки сорта Экранное выгодно отличались по уровням 15 (78,9%) элементов: Al (в 3 раза), Cu, Ca и Cr (в 1,4–1,5 раза), V и Fe (в 1,9–2 раза), K (в 1,7 раза), Mg (в 2,7 раза),

Mn (в 4 раза), Ni (на 27%), P (в 1,6 раза), Sr (в 2,5 раза), Zn (на 54,5%), а также Ba и Na. Плоды сорта Краса Свердловска имели превосходство по содержанию 12 (63,1%) элементов: Fe и Al (в 3–3,5 раза), Cu и Mn (в 2,1–2,5 раза), K (на 23,3%), Mg (в 1,6 раза), P (на 15%), Si и Zn (в 1,8–1,9 раза), а также Na, Co и Ti. Яблоки сорта Благая весть лидировали по количеству 9 (47,4%) макро- и микроэлементов: Al и Mg (в 2,2–2,4 раза), Ba (в 3,1 раза), Ca (на 13,8%), Cu (на 38,5%), Fe (в 2,7 раза), P и Si (в 1,6–1,8 раза), Sr (в 4,6 раза). Содержание Pb во всех сортах яблок не превысило регламентированной нормы ТР ТС 021/2022 (не более 0,4 мг/кг).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наименьшей вариабельностью для всех сортов яблок характеризовались такие показатели, как содержание нерастворимых пищевых веществ (1,4...1,6 г/100 г), для зимних плодов дополнительно количество флавоноидов (0,4%) и титруемая кислотность (1,5...1,7%), что позволяет считать их видоспецифичными. Уровни полифенолов и антиоксидантную активность зимних яблок можно рассматривать как сортоспецифичные свойства для плодов Благая весть (0,52...0,53 ммоль/л экв. галловой кислоты; 71,2...75,9%) и Краса Свердловска (0,65 ммоль/л экв. галловой кислоты; 89,7...90,1%) соответственно.

Наибольшую зависимость от условий выращивания, т.е. особенностей агроценозов, проявили такие характеристики, как содержание органических кислот, витамина С, сухих веществ, сахаров и минеральных элементов во всех сортах яблок, а в зимних плодах дополнительно сахарокислотный индекс.

Яблоки осеннего срока созревания сорта Экранное по биохимическому составу оказались более пластичными в ответ на изменение внешних факторов окружающей среды.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дулов М.И. Биохимический состав и производство яблок в странах мира // Наукосфера. 2022. N 2-1. С. 90–96.
2. Григорьева Л.В., Ершова О.А. Комплексная оценка привойно-подвойных комбинаций яблони и эффективность их возделывания в садах интенсивного типа // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. N 5. С. 53–57.
3. Кузин А.И., Трунов Ю.В. Распределение доступного фосфора в корнеобитаемом слое почвы под влиянием капельного орошения и фертигации в интенсивном яблоневом саду // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2015. N 34. С. 72–85.
4. Трунов Ю.В., Соловьев А.В., Медеяева А.Ю., Куличихин И.В., Макова Н.Е. Методика вегетационных (микрополевых) опытов с многолетними садовыми культурами // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. N 4. С. 9–12.
5. Трунов Ю.В., Соловьев А.В., Папихин Р.В., Дубровский М.А., Шамшин И.Н. Перспективные клоновые подвои яблони для интенсивных садов // Садоводство и виноградарство. 2020. N 2. С. 34–40. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-2-34-40>.
6. Савельева Н.Н. Биологические и генетические особенности яблони и селекция иммунных к парше и колонновидных сортов: монография. Мичуринск: ФГБНУ «ВНИИС им. И.В. Мичурина», 2016. 280 с.
7. Загиров Н.Г. Изучение биологических особенностей роста и развития интродуцированных зимних сортов для пополнения генофонда яблони // Субтропическое и декоративное садоводство. 2021. N 76. С. 25–33. <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2021-76-25-33>.
8. Макаренко С.А. Приоритетные направления селекции яблони для районов с суровыми климатическими условиями // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. N 8. С. 28–35.
9. Чурикова Н.А., Папихин Р.В., Тарова З.Н., Скороходова Л.В., Честных Д.Ю. Влияние подвоя на морфометрические показатели привойного компонента в питомнике // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2014. N 5. С. 14–19.
10. Чурикова Н.А., Тарова З.Н. Диагностика содержания антоцианов в коре однолетних побегов новых перспективных кленовых подвоев яблони селекции Мичуринского агроуниверситета // Селекция и сорто-разведение садовых культур. 2019. T. 6. N 2. С. 99–102.

11. Тарова З.Н., Бобрович А.В., Борисова О.А. Биохимические показатели плодов яблони в условиях промышленного сада ООО «Сады Старой Руссы» // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2022. N 1. С. 98–103. <https://doi.org/10.24412/2311-6447-2022-1-98-103>.
12. Причко Т.Г., Чалая Л.Д., Смелик Т.А. Технические и биохимические показатели плодов перспективных сортов яблони, выращенных в условиях Юга России // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2015. N 35. С. 109–122.
13. Cicco N., Lanorte M.T., Paraggio M., Viggiano M., Lattanzio V. A reproducible, rapid and inexpensive Folin-Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts // Microchemical Journal. 2009. Vol. 91, no. 1. P. 107–110. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2008.08.011>.
14. Pancham Y.P., Girish B., Sanjay S.S. UV-Spectrophotometric method for quantification of ascorbic acid in bulk powder // Pharma Innovation. 2020. Vol. 9, no. 5. P. 5–8.
15. Öztürk H., Kolak U., Meric C. Antioxidant, anticholinesterase and antibacterial activities of *Jurinea consanguinea* DC // Records of Natural Products. 2011. Vol. 5, no. 1. P. 43–51.
16. Арифова З.И., Халилов Э.С., Смыков А.В., Усков М.К., Челебиев Э.Ф. Сравнительная оценка химического состава плодов малины и яблони в условиях Крыма // Современное садоводство. 2022. N 2. С. 11–21. https://doi.org/10.52415/23126701_2022_0202.
17. Седов Е.Н., Макаркина М.А., Левгерова Н.С. Биохимическая и технологическая характеристика плодов генофонда яблони: монография. Орел: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 2007. 312 с.
18. Alberti A., Ferreira Zielinski A.A., Couto M., Judacewski P., Mafra L.I., Nogueira A. Distribution of phenolic compounds and antioxidant capacity in apples tissues during ripening // Journal of Food Science and Technology. 2017. Vol. 54, no. 6. P. 1511–1518. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2582-z>.
19. Jianping W., Yuxiang Z., Yahong Y., Lu D., Tianli Yu. Characteristic fruit wine production via reciprocal selection of juice and non-*Saccharomyces* species // Food Microbiology. 2019. Vol. 79. P. 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.11.008>.
20. Alberti A., Santos T., Zielinski A., dos Santos C.M.E., Braga C.M., Demiate I.M., et al. Impact on chemical profile in apple juice and cider made from unripe, ripe and senescent dessert varieties // Food Science and Technology-LEB. 2016. Vol. 65. P. 436–443. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.045>.
21. Макаренко С.А. Сравнительная оценка биохимии плодов яблони алтайских сортов как источника питательных и биологически активных веществ // Химия растительного сырья. 2021. N 3. С. 245–252. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021039177>.
22. Макарова Н.В., Валиулина Д.Ф., Азаров О.И., Кузнецов А.А. Сравнительные исследования содержания фенольных соединений, флавоноидов и антиоксидантной активности яблок разных сортов // Химия растительного сырья. 2018. N 2. С. 115–122. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018022205>.
23. Савич В.И., Васенев И.И., Сорокин А.Е., Дмитриевская И.И., Рашкович В.Н. Кинетика изменения свойств почв, процессов и режимов, протекающих в почвах: монография. М.: Плодородие, 2021. 218 с.
24. Patocka J., Bhardwaj K., Klimova B., Nepovimova E., Wu Q., Landi M., et al. *Malus domestica*: a review on nutritional features, chemical composition, traditional and medicinal value // Plants. 2020. Vol. 9, no. 11. P. 1408. <https://doi.org/10.3390/plants9111408>.
25. Чупахина Н.Ю., Тынутаре Т., Моор У. Сравнение методов анализа суммарной антиоксидантной активности // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2012. N 1. С. 69–74.
26. Асаева Т.Д., Ваниев А.Г., Осикина Р.В., Сокаев К.Е. Влияние минерального и органического питания на урожай яблони в лесостепной зоне РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2022. Т. 59-1. С. 7–11. https://doi.org/10.54258/20701047_2022_59_1_7.

REFERENCES

1. Dulov M.I. Biochemical composition and production of apples in the countries of the world. *Naukosfera*. 2022;(2-1):90-96. (In Russian).
2. Grigoryeva L.V., Ershova O.A. Integrated assessment of scion-stock combinations of apple tree and their cultivation efficiency in orchards of an intensive type. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2016;30(5):53-57. (In Russian).
3. Kuzin A.I., Trunov Yu.V. Distribution of available phosphorus in the soil root zone under the influence of drip irrigation and fertigation in the intensive apple orchard. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii = Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2015;(34):72-85. (In Russian).
4. Trunov Yu.V., Solov'ev A.V., Medelyaeva A.Yu., Kulichikhin I.V., Makova N.E. Methodology of vegetation (microfield) experiments with perennial horticultural crops. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. 2019;(4):9-12. (In Russian).
5. Trunov Yu.V., Soloviev A.V., Papikhin R.V., Dubrovsky M.L., Shamshin I.N. Perspective apple clonal rootstocks for intensive orchards. *Sadovodstvo i vinogradarstvo = Horticulture and Viticulture*. 2020;(2):34-40. (In Russian). <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-2-34-40>.
6. Savel'eva N.N. *Biological and genetic features of the apple tree and selection of scab-immune and columnar varieties: monograph*. Michurinsk: FGBNU "VNIIS im. I.V. Michurina"; 2016. 280 p. (In Russian).
7. Zagirov N.G. Studying biological features of growth and development of the introduced winter apple cultivars in order to replenish apple gene pool. *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo = Subtropical and Ornamental Horticulture*. 2021;(76):25-33. (In Russian). <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2021-76-25-33>.
8. Makarenko S.A. The priority apple breeding directions for the areas with severe climatic conditions.

Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2019;(8):28-35. (In Russian).

9. Churikova N.L., Papihin R.V., Tarova Z.N., Skorodova L.V., Chestnykh D.Yu. The influence of rootstocks on morphometric parameters of scion component at the nursery. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2014;(5):14-19. (In Russian).

10. Churikova N.L., Tarova Z.N. Diagnostics of the content of anthocyanins in the bark of annual shoots of new promising apple clonal rootstocks bred by Michurinsk agrarian university. *Selektsiya i sortorazvedenie sadovykh kul'tur* = *Breeding and Variety Cultivation of Fruit and Berry Crops*. 2019;6(2):99-102. (In Russian).

11. Tarova Z.N., Bobrovich L.V., Borisova O.A. Biochemical parameters of apple fruits in the conditions of the industrial garden of LLC «Gardens of Staraya Russa». *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* = *Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex – Healthy Food Products*. 2022;(1):98-103. (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2311-6447-2022-1-98-103>.

12. Prichko T.G., Chalaya L.D., Smelik T.L. Technical and biochemical traits of apple fruits of promising varieties grown under the conditions of Southern Russia. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii* = *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2015;(35):109-122. (In Russian).

13. Cicco N., Lanorte M.T., Paraggio M., Viggiano M., Lattanzio V. A reproducible, rapid and inexpensive Folin-Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts. *Microchemical Journal*. 2009;91(1):107-110. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2008.08.011>.

14. Pancham Y.P., Girish B., Sanjay S.S. UV-Spectrophotometric method for quantification of ascorbic acid in bulk powder. *Pharma Innovation*. 2020;9(5):5-8.

15. Öztürk H., Kolak U., Meric C. Antioxidant, anticholinesterase and antibacterial activities of *Jurinea consanguinea* DC. *Records of Natural Products*. 2011;5(1):43-51.

16. Arifova Z.I., Khalilov E.S., Smykov A.V., Uskov M.K., Chelebiev E.F. Comparative assessment of the chemical composition of raspberries and apples in the Crimea. *Sovremennoe sadovodstvo* = *Contemporary Horticulture*. 2022;(2):11-21. (In Russian). https://doi.org/10.52415/23126701_2022_0202.

17. Sedov E.N., Makarkina M.A., Levgerova N.S. *Biochemical and technological fruit description of apple gene pool: monograph*. Orel: Vserossiiskii nauch-

no-issledovatel'skii institut selektsii plodovykh kul'tur; 2007. 312 p. (In Russian).

18. Alberti A., Ferreira Zielinski A.A., Couto M., Judacewski P., Mafra L.I., Nogueira A. Distribution of phenolic compounds and antioxidant capacity in apple tissues during ripening. *Journal of Food Science and Technology*. 2017;54(6):1511-1518. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2582-z>.

19. Jianping W., Yuxiang Z., Yahong Y., Lu D., Tianli Yu. Characteristic fruit wine production via reciprocal selection of juice and non-*Saccharomyces* species. *Food Microbiology*. 2019;79:66-74. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.11.008>.

20. Alberti A., Santos T., Zielinski A., dos Santos C.M.E., Braga C.M., Demiate I.M., et al. Impact on chemical profile in apple juice and cider made from unripe, ripe and senescent dessert varieties. *Food Science and Technology-LEB*. 2016;65:436-443. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.045>.

21. Makarenko S.A. Comparative assessment of the biochemistry of apple fruits of Altai varieties as a source of nutritious and biologically active substances. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*. 2021;(3):245-252. (In Russian). <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021039177>.

22. Makarova N.V., Valiulina D.F., Azarov O.I., Kuznetsov A.A. Comparative studies of the content of phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activity of apples of different varieties. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*. 2018;(2):115-122. (In Russian). <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018022205>.

23. Savich V.I., Vasenev I.I., Sorokin A.E., Dmitrevskaya I.I., Rashkovich V.N. *Kinetics of changes in soil properties, processes and regimes occurring in soils: monograph*. Moscow: Plodorodie; 2021. 218 p. (In Russian).

24. Patocka J., Bhardwaj K., Klimova B., Nepovimova E., Wu Q., Landi M., et al. *Malus domestica*: a review on nutritional features, chemical composition, traditional and medicinal value. *Plants*. 2020;9(11):1408. <https://doi.org/10.3390/plants9111408>.

25. Chupakhina N.Yu., Tönutare T., Moor U. Comparison of the methods of total antioxidant activity analysis. *Vestnik Baltiiskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta* = *IKBFU's Vestnik*. 2012;(1):69-74. (In Russian).

26. Asaeva T.D., Vaniev A.G., Osikina R.V., Sokolov K.E. The influence of mineral and organic nutrition on the apple harvest in the forest-steppe zone of RNO-Alania. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2022;59:1-7-11. (In Russian). https://doi.org/10.54258/20701047_2022_59_1_7.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Наумова Наталья Леонидовна,
д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник,
Южно-Уральский государственный университет
(НИУ),
454080, г. Челябинск, пр-т Ленина, 76,
Российская Федерация,
✉n.naumova@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0586-6359>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Natal'ya L. Naumova,
Dr. Sci. (Engineering), Professor,
Leading Researcher,
South Ural State University (NRU),
76, Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080,
Russian Federation,
✉n.naumova@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0586-6359>

Лукин Александр Анатольевич,
к.т.н., доцент,
Южно-Уральский государственный университет
(НИУ),
454080, г. Челябинск, пр-т Ленина, 76,
Российская Федерация,
lukin3415@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4753-3210>

Слепнёва Татьяна Николаевна,
руководитель структурного подразделения,
Уральский федеральный аграрный
научно-исследовательский центр УрО РАН –
структурное подразделение «Свердловская
селекционная станция садоводства»,
620076, г. Екатеринбург, ул. Щербакова, 147,
Российская Федерация,
tatyana_slepneva@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0065-9644>

Велисевич Евгений Александрович,
аспирант,
Южно-Уральский государственный университет
(НИУ),
454080, г. Челябинск, пр-т Ленина, 76,
Российская Федерация,
boode0114@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9371-4517>

Alexander A. Lukin,
Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
South Ural State University (NRU),
76, Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080,
Russian Federation,
lukin3415@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4753-3210>

Tat'yana N. Slepneva,
Head of Structural Unit,
Ural Federal Agrarian Research Center
of the Ural Branch of the Russian Academy
of Sciences – a Structural Unit of the Sverdlovsk
Horticulture Selection Station,
147, Shcherbakov St., Yekaterinburg, 620076,
Russian Federation,
tatyana_slepneva@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0065-9644>

Evgenii A. Velisevich,
Postgraduate Student,
South Ural State University (NRU),
76, Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080,
Russian Federation,
boode0114@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9371-4517>

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный
вариант рукописи.*

Информация о статье

Поступила в редакцию 23.03.2023.
Одобрена после рецензирования 15.05.2023.
Принята к публикации 30.05.2023.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict interests

The authors declare no conflict of interests regarding
the publication of this article.

*The final manuscript has been read and approved by all
the co-authors.*

Information about the article

The article was submitted 23.03.2023.
Approved after reviewing 15.05.2023.
Accepted for publication 30.05.2023.