

## ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ РАСТВОРИМЫХ СУХИХ ВЕЩЕСТВ И АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ПЛОДАХ ЯБЛОНИ СОРТА СИНАП ОРЛОВСКИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

О.А. Ветрова , к.с.-х.н.

М.А. Макаркина, д.с.-х.н.

Л.И. Леонтьева, к.с.-х.н.

*ФГБНУ ВНИИ селекции плодовых культур, 302530, Россия, Орловская область, Орловский район, д. Жилина, ВНИИСПК, info@vniispk.ru*

### Аннотация

На химический состав яблок влияют различные факторы: сорт, возраст деревьев, сроки их созревания и съема, метеорологические условия вегетационного периода и т.д., при этом немаловажную роль в формировании урожая и качества плодов играет минеральное питание. Целью работы являлось изучение влияния минеральных удобрений на биохимический состав плодов яблоки сорта Синап орловский (растворимых сухих веществ и аскорбиновой кислоты). реакции накопления в плодах некоторых компонентов биохимического состава сортом яблоки Синап орловский на внесение минеральных удобрений. Представлены результаты исследования влияния различных доз азотных и калийных удобрений, вносимых в почву и применяемых в виде некорневых подкормок, на некоторые компоненты химического состава – растворимые сухие вещества (РСВ) и аскорбиновую кислоту (АК) плодов сорта яблоки Синап орловский. Схема опыта включает внесение возрастающих доз азотных и калийных удобрений в сочетании с некорневыми подкормками этими элементами и без них. Среднемесячная температура вегетационного периода в исследуемые годы (2017...2019 г.) незначительно отличалась от среднееголетних данных. Было установлено, что по всем вариантам опыта содержание РСВ в плодах сорта Синап орловский было достоверно выше в 2019 году, на что оказали влияния гидротермические условия вегетационного периода. Применение почвенного и фолиарного внесения азотных и калийных удобрений не оказало достоверного воздействия на содержание РСВ в плодах сорта Синап орловский. За годы исследований содержание АК в плодах сорта Синап орловский варьировало от 2,70...6,21 мг/100 г и достоверно изменялось от минерального питания и погодных условий периода вегетации. Наибольшее накопление аскорбиновой кислоты отмечено в 2019 году. За три года исследований содержание аскорбиновой кислоты в плодах яблоки сорта Синап Орловский было достоверно ниже в вариантах с применением минимальных доз азота и калия, как на фоне некорневых подкормок, так и без них – на 22...26% в сравнении с контролем (без внесения минеральных удобрений).

**Ключевые слова:** яблоки; почвенное внесение удобрений, некорневые подкормки, химический состав плодов, характеристика вегетационного периода

## STUDY OF SOLUBLE SOLIDS AND ASCORBIC ACID CONTENT IN APPLES OF SINAP ORLOVSKY DEPENDING ON THE MINERAL NUTRITION

O.A. Vetrova , Cand. Agr. Sci.

M.A. Makarkina, Doc. Agr. Sci.

L.I. Leonteva, Cand. Agr. Sci.

*Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 302530, Russia, Orel region, Orel district, Zhilina, VNIISPK, info@vniispk.ru*

### Abstract

The chemical composition of apples is influenced by various factors: cultivar, age of trees, the timing of their maturation and harvest, meteorological conditions of the growing season, etc., while mineral nutrition plays an important role in the formation of the yield and the quality of fruits. The aim of the work was to study the reaction of the apple cultivar Sinap Orlovsky on the application of various doses of mineral fertilizers. The results of the study of the effect of various doses of nitrogen and potash fertilizers introduced into the soil and applied as foliar fertilizers on some components of the chemical composition, i.e. soluble solids (SS) and ascorbic acid (AA) of Sinap Orlovsky fruit are presented. The scheme of the experiment included the application of increasing doses of nitrogen and potash fertilizers in combination with foliar fertilizing with these elements and without them. The average monthly temperature in the studied years slightly differed from the average annual data. As a result of the conducted studies (2017—2019), it was found that for all variants of the experiment, the SS content in Sinap Orlovsky fruit was significantly higher in 2019, which was influenced by the hydrothermal conditions of the studied years. The soil and foliar application of nitrogen and potash fertilizers did not have a significant effect on the SS content in the fruit of Sinap Orlovsky. Over the years of the research, the AA content in the fruit of Sinap Orlovsky varied from 2.70—6.21 mg/100 g and significantly changed from mineral nutrition and weather conditions of the growing season. The largest accumulation of ascorbic acid was noted in 2019. During three years of the research, the content of ascorbic acid in the fruit of Sinap Orlovsky was significantly lower in the variants with the use of minimal doses of nitrogen and potassium, both against the background of foliar fertilizing, and without it. The application of minimal doses of both soil and foliar fertilizing for three years contributed to a significantly lower decrease of the ascorbic acid content by 26—22 % compared to the control cultivar.

**Key words:** apple, mineral fertilizers, soil application of fertilizers, foliar fertilizing, chemical composition of fruit, weather conditions during vegetation, characteristic of growing period

### Введение

Полноценная жизнь населения любой страны напрямую зависит от его питания. Питание – основа жизнедеятельности человека и один из важнейших факторов, способствующих снижению риска развития алиментарно-зависимых патологий, обеспечивающих активное долголетие, участвующих в формировании и реализации адаптационного потенциала организма. Несмотря на возросший интерес населения к своему здоровью, уровень

энергопотребления все равно превышает уровень энергозатрат. Для решения этой проблемы необходимо использование продуктов, обогащенных витаминами (Коденцова и др., 2017; 2018). К таким продуктам относятся плоды и овощи, недостаток в рационе которых приводит к нарушению пищевого баланса, провоцирующего избыток массы и вызывающий ряд патологий у населения. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что диета с высоким содержанием фруктов и овощей может снизить риск нейродегенеративных нарушений, метаболических изменений, а также хронических заболеваний, таких как сердечно-сосудистые, онкологические, астма и диабет (Boyer, Liu, 2004; Bondonno N. P. et al., 2017; Акимов и др., 2020). Одной из культур, плоды которой обладают вышеперечисленными свойствами, является яблоня (Седов и др., 2007; Макаркина и др., 2010).

Яблоня – самая распространенная в мире плодовая культура, отличающаяся большой изменчивостью и приспособляемостью к самым разным почвенно-климатическим условиям. Сортовое разнообразие позволяет культивировать ее почти повсюду, вплоть до самых суровых районов Севера. Яблоня выращивается более чем в 80 странах, где ежегодно производится около 57,5 млн. тонн яблок (Sedov, 2014; Иванова и др., 2015; Деменина и др., 2018; Леонова, 2018).

На химический состав яблок могут влиять различные факторы: сорт, возраст деревьев, сроки их созревания и съема, метеорологические условия вегетационного периода и т.д., при этом немаловажную роль в формировании урожая и качества плодов играет минеральное питание (Kowitcharoen L. et al., 2018; Сергеева, Ярошенко, 2017; Иваненко, Дроник, 2018; Леоничева и др., 2020).

Однако внесение удобрений в почву не всегда может обеспечить достаточно надежный эффект в связи с различной доступностью элементов, условиями окружающей среды, замедленным проявлением действия удобрений на многолетней культуре. Минеральные элементы, поступающие с удобрениями, участвуют в формировании комплекса химических показателей качества плодов, входят в состав важнейших органических и минеральных соединений (Трунов, 2013; Кузин и др., 2018; Леоничева и др., 2018; Причко, Сергеева, 2021).

И, тем не менее, наиболее значимым фактором, определяющим положительное или отрицательное влияние на накопление различных биохимических веществ в плодах, является сорт. Каждый генотип реагирует на различные дозы и способы внесения минеральных удобрений по-разному. В связи с этим для улучшения химического состава плодов, в частности яблони, необходим углубленный и конкретизированный под каждый сорт подбор минерального питания. В связи с этим перед нами была поставлена цель – изучить влияние минеральных удобрений на биохимический состав плодов яблони сорта Синап орловский, в частности растворимых сухих веществ и аскорбиновой кислоты.

### **Материалы и методы исследований**

В качестве объекта исследования послужил сорт яблони Синап орловский. Исследования осуществлялись совместно двумя лабораториями – внесение удобрений – лабораторией агрохимии, изучение биохимического состава плодов сорта Синап орловский – лабораторией биохимической и технологической оценки сортов и хранения Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур (ВНИИСПК) (Орловская область) в течение трех лет (2017...2019 гг.). Отбор проб проводился на участках сортоизучения института в полевом опыте по изучению эффективности минеральных удобрений в среднерослом яблоневоом саду. Учитывая, что сорт позднезимнего срока созревания, плоды снимали в стадии съемной зрелости.

Почва опытного участка – агросерая среднесуглинистая, подстилаемая доломитовыми

известняками. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы на момент закладки опыта:  $pH_{KCl}$  – 5,03...5,72, гумус –  $3,7 \pm 0,14\%$ , подвижный фосфор – 110...200 мг/кг, обменный калий – 110...170 мг/кг.

Экспериментальный сад посажен в 2013 году по схеме  $6,0 \times 3,0$  м, Ежегодное весеннее внесение возрастающих доз азотных (в форме аммиачной селитры – 33% д. в.) и калийных удобрений (в форме хлористого калия – 40% д. в.) начато в 2015 году. Три раза за период вегетации проводили некорневые подкормки: после цветения – 1% раствором мочевины; в фазу интенсивного роста побегов (июль) – 1% раствором мочевины + 0,3% раствором сульфата калия; за 30...40 дней до съема плодов – 0,3% раствором сульфата калия.

Повторность опыта – 4-х кратная, в каждой повторности – 5 деревьев. Расположение вариантов – систематическое. Смешанные пробы плодов отбирали с каждой деланки опыта при учёте урожая.

В плодах определяли содержание растворимых сухих веществ (PCB) (Brix, %) рефрактометрическим методом с помощью цифрового рефрактометра PAL-3 (ATAGO) и аскорбиновой кислоты методом титрования щавелевокислых вытяжек краской Тильманса (2,6-дихлорфенолиндофенолятом натрия) (Седова и др., 1999).

Статистическая обработка полученных данных проводилась методом двухфакторного дисперсионного анализа (Доспехов, 2012).

### Результаты и их обсуждение

Среднегодовалые данные и гидротермические условия вегетационного периода изучаемых лет представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Метеоусловия периода исследований, 2017...2019 гг.

Годы	Среднемесячная температура, °С				Сумма осадков, мм				
	Май	Июнь	Июль	Август	Май	Июнь	Июль	Август	Май...Август
2017	12,3	16,0	18,6	19,2	56,3	59,6	75,0	100,8	291,7
2018	16,4	17,5	19,9	18,4	31,4	18,2	119,9	11,2	180,7
2019	15,8	20,5	17,4	17,1	85,0	20,7	49,8	54,7	210,2
Средние многолетние	<b>13,0</b>	<b>16,9</b>	<b>18,5</b>	<b>17,1</b>	<b>36,3</b>	<b>65,1</b>	<b>88,0</b>	<b>65,7</b>	<b>255,1</b>

Среднемесячная температура вегетационного периода в исследуемые годы (2017...2019 гг.) незначительно отличалась от среднегодовых данных.

Количество осадков значительно отличалось от среднегодовых значений. Наиболее влажным был вегетационный период 2017 года (291,7 мм), самым сухим – 2018 года (180,7 мм). В предуборочный период 2017 года также отмечено переувлажнение (100,8 мм), в 2018 году – недостаток влаги (11, мм). Близкие к оптимальным условия для созревания плодов наблюдались в 2019 году.

В научной литературе имеются сведения о положительном влиянии азотных и калийных удобрений на содержание PCB в плодах яблони (Wang, Cheng, 2011; Li et al., 2017), однако существенное влияние дополнительного минерального питания на этот показатель зависит от сорта и отмечается не во всех экспериментах. В нашем исследовании почвенное и foliarное применение азотных и калийных удобрений не оказало достоверного воздействия на содержание PCB в плодах сорта Синап орловский в 2017 и 2018 годах (таблица 2). В 2019 году содержание PCB в среднем по опыту было выше, чем в предыдущие годы исследований, что связано с метеорологическими условиями вегетационного периода. В ранее проведенных нами исследованиях на сорте Веньяминовское было выявлено влияние метеорологических условий вегетационного периода на накопление PCB в плодах (Ветрова и др., 2020).

Таблица 2 – Содержание растворимых сухих веществ в плодах сорта яблони Синап орловский при внесении удобрений за 2017...2019 гг., %

Вариант (фактор А)	Растворимые сухие вещества, %			Средние А
	Годы исследований (фактор В)			
	2017	2018	2019	
1. Контроль	12,80	13,20	13,50	<b>13,10</b>
2. N <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	12,90	13,20	13,60	<b>13,20</b>
3. N <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	11,90	12,40	13,80	<b>12,60</b>
4. N <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	13,10	13,50	12,60	<b>13,10</b>
5. Контроль + некорневая подкормка	11,90	12,90	12,90	<b>12,60</b>
6. N <sub>30</sub> K <sub>40</sub> + некорневая подкормка	12,80	13,10	13,90	<b>13,30</b>
7. N <sub>60</sub> K <sub>80</sub> + некорневая подкормка	12,40	12,80	13,40	<b>12,90</b>
8. N <sub>90</sub> K <sub>120</sub> + некорневая подкормка	13,10	13,40	13,80	<b>13,40</b>
Средние В	<b>12,60</b>	<b>13,10</b>	<b>13,40</b>	
	HCP <sub>0,5</sub> A= 1,10	HCP <sub>0,5</sub> B= 0,67	HCP <sub>0,5</sub> AB= 1,91	

Триплоидный сорт Синап орловский относится к пластичным сортам по признаку «накопление аскорбиновой кислоты в плодах». Содержание этого витамина колеблется от 4,8 до 22,5 мг/100 г, при этом коэффициент вариации равен 36,5% (Седов, Макаркина, 2007).

В нашем опыте среднее содержание АК в плодах сорта Синап орловский было значительно ниже (3,6...4,6 мг/100 г) среднемноголетних данных (таблица 3). За 2017...2019 годы содержание АК в плодах сорта Синап орловский варьировало от 2,70...6,21 мг/100 г и достоверно изменялось от минерального питания и погодных условий периода вегетации. Наибольшее накопление аскорбиновой кислоты отмечено в 2019 году. В 2017 и 2018 годы содержание аскорбиновой кислоты было ниже.

Таблица 3 – Содержание аскорбиновой кислоты (мг/100 г) в плодах сорта яблони Синап орловский при внесении удобрений, 2017...2019 гг.

Вариант (фактор А)	Аскорбиновая кислота, мг/100 г			Средние А
	Годы исследований (фактор В)			
	2017	2018	2019	
1. Контроль	4,61	4,91	4,40	<b>4,60</b>
2. N <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	2,80	3,10	4,42	<b>3,40</b>
3. N <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	3,22	3,51	6,21	<b>4,31</b>
4. N <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	4,10	4,40	3,90	<b>4,10</b>
5. Контроль + некорневая подкормка	2,70	3,10	5,30	<b>3,70</b>
6. N <sub>30</sub> K <sub>40</sub> + некорневая подкормка	2,80	3,10	5,10	<b>3,60</b>
7. N <sub>60</sub> K <sub>80</sub> + некорневая подкормка	4,11	4,91	3,40	<b>4,14</b>
8. N <sub>90</sub> K <sub>120</sub> + некорневая подкормка	3,92	4,41	4,42	<b>4,25</b>
Средние В	<b>3,60</b>	<b>3,90</b>	<b>4,60</b>	
	HCP <sub>0,5</sub> A= 0,86	HCP <sub>0,5</sub> B= 0,53	HCP <sub>0,5</sub> AB= 1,49	

В 2019 году наблюдалось наибольшее количество аскорбиновой кислоты (6,21 мг/100 г) в плодах с использованием минеральных удобрений в дозе N<sub>60</sub>K<sub>80</sub>, достоверно превышающее контроль (4,40 мг/100 г) и все остальные варианты, кроме вариантов 5 (контроль + некорневая подкормка) и 6 (N<sub>60</sub> K<sub>80</sub> + некорневая подкормка).

За три года исследований содержание аскорбиновой кислоты в плодах яблони сорта Синап Орловский было достоверно ниже (на 22...26%) в вариантах 2, 5 и 6, с применением минимальных доз азота и калия, как на фоне некорневых подкормок, так и без них.

### Выводы

В результате проведенных исследований (2017...2019 гг.) было установлено, что по всем вариантам опыта содержание РСВ в плодах сорта Синап орловский было достоверно выше

в 2019 году, на что оказали влияние метеоусловия исследуемых лет. Применение почвенного и фолиарного внесения азотных и калийных удобрений не оказало достоверного воздействия на содержание РСВ в плодах сорта Синап орловский.

Наибольшее накопление аскорбиновой кислоты отмечено в 2019 году. За три года исследований содержание аскорбиновой кислоты в плодах яблони сорта Синап орловский было достоверно ниже в вариантах 2, 5 и 6, с применением минимальных доз азота и калия, как на фоне некорневых подкормок, так и без них. Использование минимальных доз как почвенного внесения удобрений, так и в виде некорневых подкормок в течение трех лет способствовало достоверно более низкому накоплению аскорбиновой кислоты в плодах, снижение на 22...26 % в сравнении с контролем.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Литература

1. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Никитюк Д.Б., Тутельян В.А. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции, состояние и проблемы // Вопросы питания. 2017. Т. 86, № 4. С. 113-124.
2. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В., Никитюк Д.Б., Тутельян В.А. Витаминная обеспеченность взрослого населения Российской Федерации: 1987-2017 гг. // Вопросы питания. 2018. Т. 87. № 4. С. 62-68. DOI: 10.24411/0042-8833-2018-10043
3. Boyer J., Liu R.H. Apple phytochemicals and their health benefits // Nutrition Journal. 2004. Vol. 3(5). P. 1-15. DOI: 10.1186/1475-2891-3-5
4. Bondonno N.P., Bondonno, C.P., Ward N.C., Hodgson J.M., Croft K D. The cardiovascular health benefits of apples: Whole fruit vs. isolated compounds // Trends in Food Science & Technology. 2017. Vol. 69(B). P. 243-256. DOI:10.1016/j.tifs.2017.04.012
5. Акимов М.Ю., Бессонов В.В., Коденцова В.М., Эллер К.И., Вржесинская О.А., Бекетова Н.А., Кошелева О.В., Богачук М.Н., Малинкин А.Д., Макаренко М.А., Шевякова Л.В., Перова И.Б., Рылина Е.В., Макаров В.Н., Жидехина Т.В., Кольцов В.А., Юшков А.Н., Новоторцев А.А., Брыксин Д.М., Хромов Н.В. Биологическая ценность плодов и ягод российского производства // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 220-232. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10055
6. Седов Е.Н., Макаркина М.А., Левгерова Н.С. Биохимическая и технологическая характеристика плодов генофонда ВНИИСПК. Орел: ВНИИСПК, 2007. 312 с.
7. Макаркина М.А., Грюнер Л.А., Янчук Т.В., Павел А.Р. Содержание пектиновых веществ в плодах яблони в условиях Центрально-черноземной зоны России // Сельскохозяйственная биология. 2010. Т 45, № 5. С. 23-26.
8. Sedov E.N. Apple breeding programs and methods, their development and improvement // Russian Journal of Genetics: Applied Research volume. 2014. № 4. P. 43-51. DOI: 10.1134/S2079059714010092.
9. Иванова Е.В., Сорокопудов В.Н., Сорокопудова О.А. Качество плодов видов рода *Malus* (L.) Mill. при интродукции в условиях Белгородской области // Научное обозрение: Биологические науки. 2015. № 1. С. 68-69.
10. Деменина Л.Г., Петрова А.Б., Савицкая К.А., Коваленкова Л.М. К особенностям мирового и российского производства плодовой продукции (яблок и груш) // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7, № 2. С 20-26.
11. Леонова Н.В. Организационно-экономические аспекты развития российского садоводства // Вестник Воронежского государственного университета. 2018. Т. 1, № 56. С. 213-220. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.1.213.

12. Kowitcharoen L., Wongs-Aree C., Setha S., Komkhuntod R., Kondo S., Srilaong V. Pre-harvest drought stress treatment improves antioxidant activity and sugar accumulation of sugar apple at harvest and during storage // *Agriculture and Natural Resources*. 2018. Vol. 52(2). P. 146-154. DOI: 10.1016/j.anres.2018.06.003
13. Сергеева Н.Н., Ярошенко О.В. Влияние удобрений на химический состав яблок в условиях юга России // *Аграрная Россия: ООО «Фолиум» Москва*, 2017. № 8. С. 19-23.
14. Седова З.А., Леонченко В.Г., Астахов А.И. Оценка сортов по химическому составу плодов // *Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой*. Орел: ВНИИСПК, 1999. С. 160-167.
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.
16. Иваненко Е.Н., Дроник А.А. Содержание сухих веществ в плодах яблони и груши под влиянием некорневого питания // *Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: сб. материалов III Международной науч.-практ. интернет-конференции 28 февраля, 2018 г. Солёное Займище*, 2018. С. 318-323.
17. Леоничева Е.В., Роева Т.А., Леонтьева Л.И. Элементный состав плодов яблони при разных режимах минерального питания. Орел: ВНИИСПК, 2020. 112 с.
18. Трунов Ю.В. Биологические основы минерального питания яблони. Воронеж: Кварта, 2013. 428 с.
19. Кузин А.И., Трунов Ю.В., Соловьев А.В. Оптимизация азотного питания яблони (*Malus domestica* Borkh) при фертигации и внесении бактериальных удобрений // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53, № 5. С. 1013-1024. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.5.1013rus.
20. Леоничева Е.В., Роева Т.А., Леонтьева Л.И., Ветрова О.А., Столяров М.Е. Влияние некорневых подкормок на содержание калия, кальция и магния в плодах двух сортов яблони // *Агрехимия*. 2018. № 8. С. 22-33. DOI: 10.1134/S0002188118080094.
21. Причко Т.Г., Сергеева Н.Н. Химический состав плодов яблони селекции СКФНЦСВВ в зависимости от применения листовых подкормок // *Плодоводство и виноградарство юга России*. 2021. № 69(3). С. 183-197. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-3-69-183-197.
22. Wang H., Cheng L. Differential Effects of Nitrogen Supply on Skin Pigmentation and Flesh Starch Breakdown of 'Gala' Apple // *Hort Science*. 2011. Vol. 46(8). P. 1116-1120. DOI: 10.21273/HORTSCI.46.8.1116
23. Li B. Sh., Tong Y., Cui R., Wang R. 4R Potassium Management in Apple Production in North China // *Better Crops with Plant Food*. 2017. Vol. 101(1). P. 4-6.
24. Ветрова О.А., Макаркина М.А., Леоничева Е.В. Влияние минеральных удобрений на содержание растворимых сухих веществ // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2020. № 63. С. 61-69. DOI: 10.31676/2073-4948-2020-63-61-69
25. Седов Е.Н., Макаркина М.А. Характеристика сортимента яблони в России по биохимическому составу плодов и задачи его улучшения // *Сельскохозяйственная биология*. 2007. Т. 42, № 3. С. 18-24.

## References

1. Kodentsova, V.M., Vrzhesinskaya, O.A., Nikityuk, D.B., & Tutelyan, V.A. (2017). Micronutrient status of population of the Russian Federation and possibility of its correction. State of the problem. *Problems of Nutrition*, 86(4), 113-124. (In Russian; English abstract).
2. Kodentsova, V.M., Vrzhesinskaya, O.A., Risnik, D.V., Nikityuk, D.B., & Tutelyan, V.A. (2018). Vitamin status of adult population of the Russian Federation: 1987-2017. *Problems of Nutrition*, 87(4), 62-68. DOI: 10.24411/0042-8833-2018-10043 (In Russian; English abstract).
3. Boyer, J., & Liu, R.H. (2004). Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition Journal*, 3(5), 1-15. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-3-5>
4. Bondonno, N.P., Bondonno, C.P., Ward, N.C., Hodgson, J.M., & Croft, K.D. (2017). The cardiovascular health benefits of apples: Whole fruit vs. isolated compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 69(B), 243-256. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.04.012>
5. Akimov, M.Yu., Bessonov, V.V., Kodentsova, V.M. Eller, K.I., Vrzhesinskaya, O.A., Beketova, N.A., Kosheleva, O.V., Bogachuk, M.N., Malinkin, A.D., Makarenko, M.M., Shevyakova, L.V., Perova, I.B., Rylina, E.V., Makarov, V.N., Zhidekhina, T.V., Koltsov, V.A., Yushkov, A.N., Novotortsev, A.A., Briksin, D.M., & Khromov, N.V. (2020). Biological value of fruits and berries of Russian production. *Problems of Nutrition*, 89(4), 220-232. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>. (In Russian; English abstract).
6. Sedov, E.N., Makarkina, M.A., & Levgerova, N.S. (2007). *Biochemical and technological characteristic of apple gene pool fruit*. Orel: VNIISPK. (In Russian).
7. Makarkina, M. A., Gruner, L.A., Yanchuk, T.V., & Pavel, A.R. (2010). Content of pectines in apples in the conditions of Russian Centrally- Chernozem region. *Agricultural biology*. 45(5), 23-26. (In Russian; English abstract).
8. Sedov, E.N. (2014). Apple breeding programs and methods, their development and improvement. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*, 4, 43-51. <https://doi.org/10.1134/S2079059714010092>
9. Ivanova, E.V., Sorokopudov, V.N., & Sorokopudova, O.A. (2015). Quality of fruit species *Malus* (L.) mill. by introduction in the Belgorod region. *Scientific review. Biological Sciences*, 1, 68-69. (In Russian).
10. Demenina, L.G., Petrova, A.B., Savitskaya, K.A., & Kovalenkova, L.M. (2018). On the peculiarities of world and Russian production of fruit products (apples and pears). *Samara Journal of Science*, 7(2), 20-26. (In Russian, English abstract).
11. Leonova, N.V. (2018). Organizational and economic issues of the russian horticultural industry development. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*, 1(56), 213-220. <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2018.1.213>. (In Russian, English abstract).
12. Kowitcharoen, L., Wongs-Aree, C., Setha, S., Komkhuntod, R., Kondo, S., & Srilaong, V. (2018). Pre-harvest drought stress treatment improves antioxidant activity and sugar accumulation of sugar apple at harvest and during storage. *Agriculture and Natural Resources*, 52(2), 146-154. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2018.06.003>
13. Sergeeva, N.N., & Yaroshenko, O.V. (2017). Effect of fertilizers on the chemical composition of apples in the south of Russia. *Agrarian Russia*, 8, 19-23. (In Russian, English abstract).
14. Sedova, Z.A., Leonchenko, V.G., & Astakhov, A.I. (1999). Variety estimation for chemical composition of fruit. In E. N. Sedov & T. P. Ogoitsova (Eds.), *Program and methods of variety investigation of fruit, berry and nut crops* (pp. 160-167). Orel: VNIISPK. (In Russian).
15. Dospikhov B.A. (2012). *Methods of the Field Experiment (with statistic processing of investigation results)*. Moscow: Kniga po trebovaniyu. (In Russian).
16. Ivanenko, E.N., & Dronik, A.A. (2018). Dry matter content in apple and pear fruits under the influence of non-root nutrition. In *The current ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management: Collection of Materials of the III*

- International Scientific and Practical Conference* (pp. 318-323). Solionoye Zaymishche. (In Russian).
17. Leonicheva, E.V., Roeva, T.A., & Leontieva, L.I. (2020). *Elemental composition of apple fruits at different modes of mineral nutrition*. Orel: VNIISPК (In Russian).
  18. Trunov, Yu.V. (2013). *Biological bases of mineral nutrition of apple trees*. Voronezh: Kvarta (In Russian).
  19. Kuzin, A.I., Trunov, Yu.V., & Soloviev, A.V. (2018). Apple tree (*Malus domestica* Borkh.) nitrogen supply optimization by fertigation and bacterial fertilizers. *Agricultural Biology*, 53(5), 1013-1024. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2018.5.1013rus> (In Russian, English abstract).
  20. Leonicheva, E.V., Roeva, T.A., Leontieva, L.I., Vetrova, O.A., & Stolyarov, M.E. (2018). The effect of foliar fertilization on contents of potassium, calcium and magnesium of fruits for two apple cultivars. *Agrohimiya*, 8, 22-33. <https://doi.org/10.1134/S0002188118080094>. (In Russian, English abstract).
  21. Prichko, T.G., & Sergeeva, N.N. (2021). Chemical composition of apple fruit of the NCFSCHVV breeding depending on leaf-feeding dressing. *Fruit growing and viticulture of the south of Russia*, 69(3), 183-197. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-3-69-183-197>. (In Russian, English abstract).
  22. Wang, H., & Cheng, L. (2011). Differential Effects of Nitrogen Supply on Skin Pigmentation and Flesh Starch Breakdown of 'Gala' Apple. *Hort Science*, 46(8), 1116-1120. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.8.1116>
  23. Li, B. Sh., Tong, Y., Cui, R., & Wang, R. (2017). 4R Potassium Management in Apple Production in North China. *Better Crops with Plant Food*, 101(1), 4-6.
  24. Vetrova, O.A., Makarkina, M.A., & Leonicheva, E.V. (2020). The influence of mineral fertilizers on the content of soluble solids and ascorbic acid in fruit of the Veniaminovskoye apple variety. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 63, 61-69. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2020-63-61-69>. (In Russian, English abstract).
  25. Sedov, E.N., & Makarkina, M.A. (2007). Description of the russian apple assortment according to fruit biochemical composition and problems of the assortment improvement. *Agricultural Biology*, 42(3), 18-24. (In Russian, English abstract).