

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ СОРТА *ВЕНЬЯМИНОВСКОЕ*

Оксана Альфредовна Ветрова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник  
Маргарита Алексеевна Макаркина, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник  
Лариса Ивановна Леонтьева, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник  
Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловская обл., Россия  
E-mail: vetrova@orel.vniispk.ru

**Аннотация.** Представлены результаты семилетнего исследования (2017–2023) влияния гидротермических условий вегетационного периода и минеральных удобрений на химический состав плодов яблони. Объект изучения — сорт яблони *Веньяминовское*, выращиваемый в полевом опыте по изучению эффективности минеральных удобрений в среднерослом яблоневом саду. Экспериментальный сад заложен в 2013 году, схема посадки — 6 × 3 м. Ежегодно весной вносили возрастающие дозы азотных (аммиачная селитра — 33% д. в.) и калийных удобрений (хлористый калий — 40% д. в.) с 2015 года. Некорневые подкормки — три раза за период вегетации 1%-м раствором мочевины и 0,3% раствором сульфата калия. В плодах определяли содержание растворимых сухих веществ, суммы сахаров, аскорбиновой кислоты, фенольных соединений (катехины) и сахарокислотный индекс. Показано, что применение почвенного и foliarного внесения азотных и калийных удобрений не оказало достоверного воздействия на содержание изучаемых компонентов. Установлено, что наиболее значимый фактор, влияющий на химический состав плодов, — метеосостояния периода вегетации и последнего месяца до съема плодов. Содержание аскорбиновой кислоты в среднем за семь лет эксперимента было достоверно выше, по сравнению с контролем, в варианте с внесением в почву максимальных доз азотных и калийных удобрений ( $N_{90}K_{120}$ ), а также совместно с некорневыми подкормками ( $N_{30}K_{40}$  и  $N_{60}K_{80}$ ). Использование удобрений в максимальных дозах  $N_{90}K_{120}$  привело к значительному росту содержания титруемых кислот в плодах.

**Ключевые слова:** яблоня, биохимический состав плодов, метеосостояния вегетационного периода, минеральные удобрения

## RESULTS OF INVESTIGATION OF MINERAL NUTRITION AND WEATHER CONDITIONS INFLUENCE OF ON BIOCHEMICAL COMPOSITION OF *VENYAMINOVSKOE* VARIETY APPLE TREE

O.A. Vetrova, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher  
M.A. Makarkina, Grand PhD in Agricultural Sciences, Chief Researcher  
L.I. Leontieva, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher  
Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilina village, Orel region, Russia  
E-mail: vetrova@orel.vniispk.ru

**Abstract.** The results of a seven-year study (2017–2023) of the influence of hydrothermal conditions of the growing season and of mineral fertilizers on the chemical composition of apple fruits are presented. The object of the study was the 'Venyaminovskoye' apple cultivar grown in a field experiment to study the effectiveness of mineral fertilizers in a medium-sized apple orchard. The experimental orchard was planted in 2013 with a space of 6 × 3 m. Annual spring application of increasing doses of nitrogen (in the form of ammonium nitrate — 33% of active substance) and potash fertilizers (in the form of potassium chloride — 40% of active substance) has been carried out since 2015. Foliar top dressing was carried out three times during the growing season with 1% urea solution and 0.3% potassium sulfate solution. The content of soluble solids, the sum of sugars, ascorbic acid, phenolic compounds (catechins) and the sugar acid index were determined in the fruits. It is shown that the use of soil and foliar application of nitrogen and potash fertilizers did not have a significant effect on the content of the studied components. It has been established that the most significant factor affecting the chemical composition of fruits is the weather conditions of the growing season and of the last month before fruit harvesting. At the same time, the content of ascorbic acid on average over the seven years of the experiment was significantly higher compared to the control in the variant with the application of maximum doses of nitrogen and potash fertilizers ( $N_{90}K_{120}$ ) into the soil and also in conjunction with non-root top dressing in doses:  $N_{30}K_{40}$  and  $N_{60}K_{80}$ . The application of fertilizers in maximum doses of  $N_{90}K_{120}$  had a negative effect on a significant increase in the content of titrated acids in fruits.

**Keywords:** apple, biochemical composition of fruits, weather conditions of the growing season, mineral fertilizers

Получение продукции садоводства высокого качества — сложная социально-экономическая система, основанная на комплексе мероприятий, включающих биологические, материальные и товарно-экономические резервы. [5, 6] Эта проблема отражена в Распоряжении Правительства РФ от 29 июня 2016 года № 1364-р «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции до 2030 года», в которой уделено внимание обеспечению населения качественными продуктами и увеличению их доли в структуре питания (особенно плоды и ягоды).

К сожалению, степень осведомленности граждан России о здоровом питании и нормах потребления соответствующих продуктов низкая. [14] Фрукты и овощи в рационе человека должны занимать значительную часть, при физиологической потребности 90...100 кг/год, на душу населения РФ приходится 15...20 кг. [2]

Основная доля потребляемых в России плодов и ягод — это яблоки (95%). Кроме гармоничного вкуса они обладают лечебно-профилактическими свойствами, которые обусловлены их химическим составом,

зависящим от зоны произрастания, климатических условий года, агротехнических приемов выращивания, но в большей степени генетической принадлежностью сорта. [19] В яблоках в оптимальных количествах содержатся питательные (сахара, органические кислоты) и биологически активные вещества (аскорбиновая кислота, фенольные (Р-активные) соединения). [8, 16]

Положительное влияние на метаболизм организма человека оказывают биологически активные вещества (аскорбиновая кислота и фенольные соединения, в большей степени флавоноиды, в том числе катехины) с антиоксидантными свойствами, способствующие выведению из организма свободных радикалов. [2, 8] Создание новых сортов с улучшенным химическим составом плодов, богатых витаминами, актуально в настоящее время. [12]

Улучшить состояние рынка плодовой продукции в режиме импортозамещения возможно при закладке новых садов с применением прогрессивных технологий их возделывания. Один из важнейших факторов регулирования роста и плодоношения деревьев, повышения урожайности и получения качественной высококачественной продукции — минеральное питание. [7, 17]

У ряда авторов отмечен положительный эффект от минерального и органического питания на качественные показатели яблок. [10, 18, 20] В то же время их беспредельное применение приводит к падению урожайности, снижению вкусовых и товарных качеств плодов. [1, 15]

Цель работы — изучить влияние минеральных удобрений на биохимический состав плодов яблони сорта *Веньяминовское*.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работу проводили в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур» (Орловская обл.). Объект изучения — сорт яблони *Веньяминовское*, обладающий иммунитетом к парше (ген Rvi6). Плоды среднего размера (130 г), зимнего срока созревания, высокой товарности, малиновой окраски, кисло-сладкого гармоничного вкуса.

Исследования осуществляли в течение семи лет (2017–2023 годы): внесение удобрений (лаборатория агрохимии), изучение биохимического состава плодов (лаборатория биохимической и технологической оценки сортов и хранения). В данной работе обобщены полученные экспериментальные данные по основным компонентам биохимического состава плодов сорта яблони *Веньяминовское*. [3, 4]

Почва опытного участка — агросерая среднесуглинистая, подстилаемая доломитовыми известняками. Экспериментальный сад заложен в 2013 году, схема посадки — 6 × 3 м. Ежегодное весеннее применение возрастающих доз азотных (аммиачная селитра — 33% д. в.) и калийных удобрений (хлористый калий — 40% д. в.) начато в 2015 году. Некорневые подкормки проводили три раза за вегетацию: после цветения — 1%-м раствором мочевины; в фазе интенсивного роста побегов (июль) — смесью 1%-го раствора мочевины и 0,3%-го раствора сульфата калия; за 30...40 дн. до съема плодов — 0,3%-м раствором сульфата калия.

Схема опыта: 1. контроль (без удобрений); 2.  $N_{30}K_{40}$ ; 3.  $N_{60}K_{80}$ ; 4.  $N_{90}K_{120}$ ; 5. подкормка некорневая (п. некорневая) раствором мочевины (1%) и сульфата калия

(0,3%); 6.  $N_{30}K_{40}$  + п. некорневая; 7.  $N_{60}K_{80}$  + п. некорневая; 8.  $N_{90}K_{120}$  + п. некорневая. Повторность опыта четырехкратная, в каждой по пять деревьев. Расположение вариантов систематическое. [13]

Смешанные пробы плодов отбирали с каждой деланки опыта при учете урожая. Снимали плоды в конце августа — начале сентября. Химический состав определяли согласно общепринятым методикам. [9, 11]

Содержание растворимых сухих веществ (РСВ) осуществляли рефрактометрическим методом с помощью цифрового рефрактометра PAL-3 (АТАГО) (ГОСТ ISO 2173-2013); суммы сахаров — методом Бертрана (ГОСТ 8756.13-87); титруемых (органических) кислот — методом титрования вытяжек 0,1 н. раствором гидроксида натрия (ГОСТ 25555.0-08); фенольных соединений (катехинов) — фотометрическим методом на фотометре ФЭК КФК-3-01-«ЗОМЗ». Был рассчитан сахарокислотный индекс (СКИ) — соотношение общего содержания сахаров и органических (титруемые) кислот.

Результаты исследований статистически обрабатывали с использованием программы Microsoft Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Гидротермические условия вегетационного периода изучаемых лет и среднесезонные данные представлены в таблице 1.

Среднемесячная температура вегетационного периода была выше среднесезонной в 2018, 2020, 2021 и 2022 годах. Сумма осадков значительно отличалась от среднесезонных значений. Наиболее увлажненным был 2017 год (291,7 мм), сухим — 2023 (162,6 мм). Недостаточное количество влаги в период созревания плодов (август) наблюдали в 2020–2022 годах, оптимальное — в 2019 (54,7 мм) и 2023 (57,2 мм). Избыточное увлажнение отмечено в августе 2017 года — 100,8 мм (ГТК — 1,70). В августе 2018 — засуха, сумма осадков — 11,2 мм (ГТК — 0,20).

Таблица 1.  
Метеоусловия вегетационного периода по годам

| Месяц                          | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  | 2023  | Среднесезонные значения |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------|
| Среднемесячная температура, °С |       |       |       |       |       |       |       |                         |
| Май                            | 12,3  | 16,4  | 15,6  | 11,3  | 14,0  | 11,0  | 12,3  | 13,0                    |
| Июнь                           | 16,0  | 17,0  | 20,5  | 19,9  | 19,7  | 18,4  | 15,9  | 16,9                    |
| Июль                           | 18,6  | 19,9  | 17,4  | 19,6  | 21,8  | 19,3  | 18,4  | 18,5                    |
| Август                         | 19,2  | 18,4  | 17,1  | 18,2  | 20,2  | 20,4  | 19,4  | 17,1                    |
| Сумма осадков, мм              |       |       |       |       |       |       |       |                         |
| Май                            | 56,3  | 31,4  | 85,0  | 59,1  | 63,3  | 38,3  | 9,0   | 36,3                    |
| Июнь                           | 59,6  | 18,2  | 20,7  | 46,4  | 99,6  | 42,6  | 36,8  | 65,1                    |
| Июль                           | 75,0  | 119,9 | 49,8  | 111,6 | 37,8  | 71,9  | 59,6  | 88,0                    |
| Август                         | 100,8 | 11,2  | 54,7  | 26,0  | 29,0  | 30,0  | 57,2  | 65,7                    |
| Σ                              | 291,7 | 180,7 | 210,3 | 243,1 | 229,7 | 182,8 | 162,6 | 255,1                   |
| ГТК                            |       |       |       |       |       |       |       |                         |
| Май                            | 0,98  | 0,62  | 1,76  | 1,68  | 1,46  | 1,13  | 0,24  | —                       |
| Июнь                           | 1,25  | 0,33  | 0,34  | 0,78  | 1,69  | 0,74  | 0,77  | —                       |
| Июль                           | 1,30  | 1,95  | 0,92  | 1,84  | 0,56  | 1,20  | 1,05  | —                       |
| Август                         | 1,70  | 0,20  | 1,03  | 0,46  | 0,46  | 0,46  | 0,95  | —                       |

К основным веществам, влияющим на вкусовые характеристики плодов и ягод, относятся сахара, органические кислоты и их соотношение. РСВ — косвенный показатель сахаристости плодов.

За 2017–2023 годы содержание РСВ в плодах сорта яблони *Веньяминовское*, в зависимости от года и варианта исследований, варьировало от 11,9 до 15,2% (среднее — 12,3...14,6%) (табл. 2). Благоприятное влияние на накопление РСВ в плодах оказывали погодные условия вегетационного периода. Среднее по опыту значение показателя было достоверно более высоким в 2019 году при оптимальных значениях температуры и количества осадков вегетационного периода, при созревании ГТК (1,03) также находился в оптимально допустимых пределах.

Наименьшее содержание РСВ в плодах отмечено в 2022 году и было достоверно ниже, чем в остальные годы исследований. В зависимости от вносимых доз удобрений достоверных различий по накоплению РСВ в плодах не выявлено.

Содержание суммы сахаров в плодах в зависимости от года и варианта находилось в пределах 9,32...12,86%, в среднем по годам — 9,78...12,27% (табл. 3). Высокие значения суммы сахаров были в 2020 году (12,27%) и 2021 (12,07%) при схожих температурно-влажностных условиях периода созревания плодов обоих лет. Самое низкое содержание суммы сахаров отмечено в 2022 году — 9,78%.

От вносимых доз удобрений достоверных различий не выявлено, лишь в 2023 году в варианте с внесением в почву азотных и калийных удобрений ( $N_{90}K_{120}$ ) совместно с некорневой подкормкой достоверно снизилось содержание суммы сахаров, по сравнению с контролем.

Важный показатель, оказывающий сильное влияние на вкусовые качества яблок, — кислотность. Причем не общее содержание кислот, а титруемая кислотность, обусловленная наличием свободных кислот. В плодах яблони — это яблочная кислота. Под влиянием метеорологических условий вегетационного периода и места произрастания титруемая кислотность изменяется в более широких пределах.

Среднее содержание титруемых кислот в плодах сорта *Веньяминовское* варьировало в значительной степени — в зависимости от варианта и года исследования от 0,36 до 0,87% и в среднем по годам от 0,41 до 0,60% (табл. 4).

Наибольшее содержание титруемых кислот (0,60%) наблюдали в 2022 и 2023 годы и это достоверно выше, чем в 2017–2020. В среднем за семь лет исследований отмечено достоверное увеличение содержания титруемых кислот в варианте с внесением в почву высокой дозы азотных и калийных удобрений ( $N_{90}K_{120}$ ), по сравнению с контролем. В 2021 году увеличилось содержание титруемых кислот в варианте 8 (в 1,5 раза выше, чем в контроле).

Вкусовые качества плодов обусловлены не отдельным накоплением сахаров и титруемых (органические) кислот, а их соотношением (СКИ). Наибольшую гармоничность вкуса имеют яблоки при сахарокислотном индексе 15...25 у.е. [6]

За годы исследования СКИ плодов сорта *Веньяминовское* варьировал в зависимости от варианта и года исследования в значительной степени — от 13,8 до 35,4 у.е. (среднее по годам — 14,3...29,3) (табл. 5).

**Таблица 2.**  
**Содержание растворимых сухих веществ в плодах яблони**  
***Веньяминовское* при внесении удобрений по годам, %**

| Вариант<br>(фактор А)                                 | Год (фактор В) |      |      |      |      |      |      | Средние<br>А |
|-------------------------------------------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|--------------|
|                                                       | 2017           | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |              |
| 1. Контроль                                           | 12,8           | 12,8 | 14,5 | 13,9 | 13,3 | 12,4 | 13,7 | 13,3         |
| 2. $N_{30}K_{40}$                                     | 13,1           | 13,7 | 14,2 | 14,6 | 13,9 | 12,2 | 12,9 | 13,5         |
| 3. $N_{60}K_{80}$                                     | 13,6           | 13,2 | 14,3 | 13,3 | 13,9 | 12,6 | 13,2 | 13,4         |
| 4. $N_{90}K_{120}$                                    | 13,3           | 12,8 | 14,7 | 13,4 | 13,7 | 12,0 | 13,0 | 13,3         |
| 5. Контроль +<br>п. некорневая                        | 13,2           | 12,6 | 14,9 | 13,7 | 13,7 | 12,4 | 13,8 | 13,5         |
| 6. $N_{30}K_{40}$ +<br>п. некорневая                  | 13,2           | 13,2 | 15,2 | 13,2 | 14,4 | 12,7 | 13,1 | 13,6         |
| 7. $N_{60}K_{80}$ +<br>п. некорневая                  | 13,2           | 13,0 | 14,7 | 13,2 | 13,9 | 11,9 | 12,8 | 13,2         |
| 8. $N_{90}K_{120}$ +<br>п. некорневая                 | 13,8           | 13,1 | 14,3 | 13,5 | 13,2 | 12,3 | 12,5 | 13,2         |
| Средние В                                             | 13,3           | 13,1 | 14,6 | 13,6 | 13,8 | 12,3 | 13,1 |              |
| $HCP_{0,5} A=0,47 HCP_{0,5} B=0,44 HCP_{0,5} AB=1,26$ |                |      |      |      |      |      |      |              |

**Таблица 3.**  
**Содержание суммы сахаров в плодах яблони *Веньяминовское***  
**при внесении удобрений по годам, %**

| Вариант<br>(фактор А)                                 | Год (фактор В) |       |       |       |       |       |       | Средние<br>А |
|-------------------------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
|                                                       | 2017           | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  | 2023  |              |
| 1. Контроль                                           | 10,58          | 11,74 | 11,81 | 12,49 | 11,41 | 10,01 | 12,32 | 11,48        |
| 2. $N_{30}K_{40}$                                     | 11,30          | 11,67 | 10,99 | 12,81 | 12,24 | 9,32  | 11,43 | 11,39        |
| 3. $N_{60}K_{80}$                                     | 11,63          | 11,09 | 11,95 | 11,89 | 12,13 | 9,62  | 11,85 | 11,45        |
| 4. $N_{90}K_{120}$                                    | 11,05          | 11,40 | 12,08 | 11,90 | 12,35 | 9,41  | 11,28 | 11,35        |
| 5. Контроль +<br>п. некорневая                        | 11,08          | 11,86 | 11,45 | 12,86 | 11,69 | 9,32  | 11,97 | 11,46        |
| 6. $N_{30}K_{40}$ +<br>п. некорневая                  | 10,93          | 12,38 | 12,88 | 11,95 | 12,25 | 10,31 | 11,15 | 11,69        |
| 7. $N_{60}K_{80}$ +<br>п. некорневая                  | 11,53          | 10,81 | 11,86 | 12,16 | 12,57 | 9,99  | 11,14 | 11,44        |
| 8. $N_{90}K_{120}$ +<br>п. некорневая                 | 11,65          | 11,66 | 11,71 | 12,09 | 11,89 | 10,23 | 10,12 | 11,34        |
| Средние В                                             | 11,22          | 11,58 | 11,84 | 12,27 | 12,07 | 9,78  | 11,41 |              |
| $HCP_{0,5} A=0,62 HCP_{0,5} B=0,58 HCP_{0,5} AB=1,65$ |                |       |       |       |       |       |       |              |

**Таблица 4.**  
**Содержание титруемых кислот в плодах яблони**  
***Веньяминовское* при внесении удобрений по годам, %**

| Вариант<br>(фактор А)                                 | Год (фактор В) |      |      |      |      |      |      | Средние<br>А |
|-------------------------------------------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|--------------|
|                                                       | 2017           | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |              |
| 1. Контроль                                           | 0,76           | 0,55 | 0,42 | 0,42 | 0,45 | 0,56 | 0,62 | 0,54         |
| 2. $N_{30}K_{40}$                                     | 0,78           | 0,42 | 0,36 | 0,44 | 0,56 | 0,56 | 0,55 | 0,52         |
| 3. $N_{60}K_{80}$                                     | 0,79           | 0,47 | 0,39 | 0,47 | 0,49 | 0,57 | 0,58 | 0,54         |
| 4. $N_{90}K_{120}$                                    | 0,87           | 0,58 | 0,46 | 0,53 | 0,59 | 0,67 | 0,56 | 0,61         |
| 5. Контроль +<br>п. некорневая                        | 0,75           | 0,52 | 0,42 | 0,47 | 0,57 | 0,59 | 0,58 | 0,56         |
| 6. $N_{30}K_{40}$ +<br>п. некорневая                  | 0,78           | 0,47 | 0,37 | 0,48 | 0,61 | 0,54 | 0,66 | 0,56         |
| 7. $N_{60}K_{80}$ +<br>п. некорневая                  | 0,69           | 0,46 | 0,50 | 0,49 | 0,58 | 0,61 | 0,67 | 0,57         |
| 8. $N_{90}K_{120}$ +<br>п. некорневая                 | 0,68           | 0,50 | 0,38 | 0,44 | 0,68 | 0,68 | 0,61 | 0,57         |
| Средние В                                             | 0,50           | 0,50 | 0,41 | 0,47 | 0,57 | 0,60 | 0,60 |              |
| $HCP_{0,5} A=0,07 HCP_{0,5} B=0,06 HCP_{0,5} AB=0,17$ |                |      |      |      |      |      |      |              |

Максимальное значение СКИ (29,3 у.е.) отмечено в 2019 году, минимальное (14,3 у.е.) — в 2017 и было достоверно ниже, чем в последующие годы, кроме 2022.

В 2020 году было достоверное снижение СКИ в плодах: с внесением в почву высоких доз азотных и калийных удобрений ( $N_{90}K_{120}$ ), а также совместного внесения в почву с некорневыми подкормками ( $N_{60}K_{80}$  и  $N_{90}K_{120}$ ). В 2021 году установлено достоверное снижение этого показателя в варианте 5 только с применением некорневой подкормки мочевиной и сульфатом калия.

За весь период исследований были достоверно низкие значения СКИ, по сравнению с контролем в вариантах как с почвенным внесением максимальной дозы азотных и калийных удобрений ( $N_{90}K_{120}$ ), так и с такой же дозой вместе с некорневыми подкормками.

За время многолетнего изучения биохимического состава плодов сорта *Веньяминовское* не выделялся по накоплению аскорбиновой кислоты (в среднем — 5,2 мг/100 г). [6] Этот показатель варьировал в зависимости от года и варианта — 2,6...10,6 мг/100 г, в среднем по годам — 2,8...6,1 мг/100 г (табл. 6).

Наибольшее содержание аскорбиновой кислоты в плодах (6,1 мг/100 г) наблюдали в 2017, 2018 и 2021 годах, минимальное (2,8 мг/100 г) в 2023 и оно было достоверно ниже, чем в 2017, 2018, 2021 и 2022. Период созревания плодов 2023 года был комфортным, сумма осадков на уровне среднегодовых показателей и значение ГТК приближалось к оптимальному. Повышенное содержание аскорбиновой кислоты было в 2017, 2018, 2021 годах с экстремальными погодными условиями периода созревания плодов: в 2017 избыток осадков — 100,8 мм (ГТК — 1,7), в 2018 и 2021 — засуха, сумма осадков в августе — 11,2 и 29,0 мм (ГТК — 0,20 и 0,46 соответственно), что говорит об испытываемом растениями стрессе и накоплении в плодах большего количества аскорбиновой кислоты для его преодоления.

Отмечено достоверное увеличение содержания аскорбиновой кислоты в вариантах совместного внесения в почву минеральных удобрений с некорневыми подкормками мочевиной и сульфатом калия в дозах  $N_{30}K_{40}$  (2020 год) и  $N_{60}K_{80}$  (2021). В остальные годы исследования достоверного влияния минеральных удобрений на накопление аскорбиновой кислоты у сорта *Веньяминовское* не выявлено.

В среднем за семь лет эксперимента содержание аскорбиновой кислоты в плодах было достоверно выше, по сравнению с контролем в варианте с внесением в почву максимальных доз азотных и калийных удобрений ( $N_{90}K_{120}$ ), а также с почвенным внесением ( $N_{30}K_{40}$  и  $N_{60}K_{80}$ ) совместно с некорневыми подкормками.

Наибольшей Р-витаминной активностью обладают катехины, содержащиеся в нативном состоянии в плодах и ягодах. Содержание катехинов в плодах у сорта *Веньяминовское* за весь период изучения варьировало от 59,3 до 252,0 мг/100 г в зависимости от года и варианта исследований и от 89,2 до 151,8 мг/100 г — в среднем по годам (табл. 7).

Максимальное содержание катехинов в плодах выявлено в 2021 году — (151,8 мг/100 г), минимальное (89,2 мг/100 г) в 2022, достоверно высокие значения исследуемого компонента были также в 2017, 2019.

В 2021 году было статистически значимое отрицательное влияние почвенного и фолиарного применения

**Таблица 5.**  
**Сахарокислотный индекс (условные единицы) плодов сорта**  
***Веньяминовское* при внесении удобрений по годам**

| Вариант<br>(фактор А)                                                          | Год (фактор В) |      |      |      |      |       |      | Средние<br>А |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|------|------|------|-------|------|--------------|
|                                                                                | 2017           | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022  | 2023 |              |
| 1. Контроль                                                                    | 13,9           | 21,4 | 29,1 | 30,9 | 27,9 | 18,3  | 20,3 | 23,1         |
| 2. $N_{30}K_{40}$                                                              | 14,6           | 27,9 | 30,6 | 29,1 | 21,9 | 16,8  | 21,1 | 23,1         |
| 3. $N_{60}K_{80}$                                                              | 14,8           | 24,1 | 31,0 | 25,6 | 24,8 | 16,9  | 20,6 | 22,5         |
| 4. $N_{90}K_{120}$                                                             | 12,8           | 19,8 | 26,3 | 23,5 | 21,1 | 14,2  | 20,3 | 19,7         |
| 5. Контроль +<br>п. некорневая                                                 | 14,8           | 24,7 | 27,7 | 27,7 | 20,6 | 15,80 | 20,8 | 21,7         |
| 6. $N_{30}K_{40}$ +<br>п. некорневая                                           | 14,0           | 27,2 | 35,4 | 24,9 | 21,2 | 18,4  | 20,3 | 23,1         |
| 7. $N_{60}K_{80}$ +<br>п. некорневая                                           | 13,9           | 21,2 | 30,3 | 23,1 | 22,7 | 16,8  | 19,7 | 21,1         |
| 8. $N_{90}K_{120}$ +<br>п. некорневая                                          | 15,8           | 21,3 | 24,1 | 17,4 | 20,9 | 13,8  | 16,3 | 18,5         |
| Средние В                                                                      | 14,3           | 23,5 | 29,3 | 25,3 | 22,6 | 16,4  | 19,9 |              |
| НСР <sub>0,5</sub> А=2,72 НСР <sub>0,5</sub> В=2,54 НСР <sub>0,5</sub> АВ=7,19 |                |      |      |      |      |       |      |              |

**Таблица 6.**  
**Содержание аскорбиновой кислоты в плодах сорта**  
***Веньяминовское* при внесении удобрений по годам, мг/100 г**

| Вариант<br>(фактор А)                                                          | Год (фактор В) |      |      |      |      |      |      | Средние<br>А |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|--------------|
|                                                                                | 2017           | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |              |
| 1. Контроль                                                                    | 6,0            | 5,3  | 2,6  | 3,1  | 4,9  | 3,6  | 2,2  | 3,9          |
| 2. $N_{30}K_{40}$                                                              | 6,0            | 3,1  | 3,5  | 3,1  | 6,2  | 3,1  | 2,7  | 3,9          |
| 3. $N_{60}K_{80}$                                                              | 6,6            | 5,8  | 2,6  | 3,9  | 2,7  | 5,8  | 1,8  | 4,2          |
| 4. $N_{90}K_{120}$                                                             | 7,7            | 7,1  | 4,4  | 2,7  | 7,9  | 4,4  | 2,2  | 5,2          |
| 5. Контроль +<br>п. некорневая                                                 | 6,6            | 5,3  | 2,6  | 3,9  | 4,9  | 3,9  | 2,2  | 4,2          |
| 6. $N_{30}K_{40}$ +<br>п. некорневая                                           | 4,9            | 5,8  | 3,9  | 7,1  | 6,2  | 3,1  | 4,9  | 5,1          |
| 7. $N_{60}K_{80}$ +<br>п. некорневая                                           | 6,5            | 6,2  | 4,4  | 3,1  | 10,6 | 5,3  | 2,7  | 5,5          |
| 8. $N_{90}K_{120}$ +<br>п. некорневая                                          | 4,7            | 3,5  | 4,4  | 3,5  | 5,3  | 5,3  | 3,9  | 4,4          |
| Средние В                                                                      | 6,1            | 5,3  | 3,6  | 3,8  | 6,1  | 4,3  | 2,8  |              |
| НСР <sub>0,5</sub> А=1,21 НСР <sub>0,5</sub> В=1,13 НСР <sub>0,5</sub> АВ=3,20 |                |      |      |      |      |      |      |              |

**Таблица 7.**  
**Содержание катехинов в плодах сорта *Веньяминовское***  
**при внесении удобрений по годам, мг/100 г**

| Вариант<br>(фактор А)                                                             | Год (фактор В) |       |       |       |       |       |       | Средние<br>А |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
|                                                                                   | 2017           | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  | 2023  |              |
| 1. Контроль                                                                       | 83,1           | 120,9 | 101,8 | 92,3  | 252,0 | 90,8  | 176,5 | 131,1        |
| 2. $N_{30}K_{40}$                                                                 | 112,4          | 86,2  | 136,0 | 108,1 | 137,5 | 115,8 | 159,8 | 122,3        |
| 3. $N_{60}K_{80}$                                                                 | 126,0          | 129,3 | 120,5 | 176,1 | 103,3 | 94,3  | 93,3  | 120,4        |
| 4. $N_{90}K_{120}$                                                                | 183,8          | 136,2 | 172,0 | 117,0 | 245,3 | 93,8  | 88,3  | 148,1        |
| 5. Контроль +<br>п. некорневая                                                    | 132,1          | 134,1 | 135,3 | 112,9 | 92,8  | 108,8 | 129,9 | 120,8        |
| 6. $N_{30}K_{40}$ +<br>п. некорневая                                              | 155,9          | 105,8 | 142,5 | 132,8 | 74,9  | 59,3  | 70,0  | 105,9        |
| 7. $N_{60}K_{80}$ +<br>п. некорневая                                              | 151,7          | 122,5 | 165,1 | 144,7 | 124,6 | 77,9  | 65,8  | 121,8        |
| 8. $N_{90}K_{120}$ +<br>п. некорневая                                             | 140,4          | 87,0  | 148,7 | 130,8 | 184,0 | 73,2  | 103,3 | 123,9        |
| Средние В                                                                         | 135,7          | 115,3 | 140,2 | 126,8 | 151,8 | 89,2  | 110,9 |              |
| НСР <sub>0,5</sub> А=40,62 НСР <sub>0,5</sub> В=38,0 НСР <sub>0,5</sub> АВ=107,48 |                |       |       |       |       |       |       |              |

азотных и калийных удобрений на накопление катехинов в плодах *Веньяминовское*, по сравнению с контролем. В этом же году установлено повышенное содержание катехинов в плодах на уровне контроля в варианте  $N_{90}K_{120}$ . В 2023 году достоверно низкое содержание катехинов в плодах отмечено также в варианте 7.

**Выводы.** Таким образом, основное влияние на биохимический состав плодов яблони сорта *Веньяминовское* оказывали погодные условия вегетационного периода. Для накопления РСВ, сахаров и органических кислот благоприятным был 2019 год с оптимальными гидротермическими условиями периода за месяц до уборки урожая (ГТК — 1,03), что соответственно положительно отразилось на сахарокислотном индексе. Повышенное содержание аскорбиновой кислоты было в годы с экстремальными погодными условиями периода созревания плодов: 2017 — избыток осадков, 2018 и 2021 — засуха, что говорит об испытываемом растениями стрессе и накоплении в плодах большего количества аскорбиновой кислоты для его преодоления. Действие гидротермических условий на накопление Р-активных катехинов не установлено.

Четкой закономерности от применения почвенного и foliarного внесения азотных и калийных удобрений на биохимический состав плодов не выявлено. В отдельных вариантах опыта при определенных метеоусловиях вегетационного периода наблюдали достоверные результаты. Существенное превышение содержания аскорбиновой кислоты в плодах, по сравнению с контролем, наблюдали при почвенном внесении азотных и калийных удобрений ( $N_{90}K_{120}$ ), а также совместно с некорневыми подкормками в дозах:  $N_{30}K_{40}$  и  $N_{60}K_{80}$ . Достоверное повышение содержания титруемых (органические) кислот в плодах отмечено при внесении максимальных доз удобрений ( $N_{90}K_{120}$ ), что влечет за собой негативное последствие, так как повышенная титруемая кислотность отрицательно влияет на вкусовые качества яблок.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Абраменко Н.А., Медеяева А.Ю., Лисова Е.Н. Изучение влияния различных схем внесения минеральных удобрений на урожайность и качество Синапа орловского // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 3. С. 302.
- Акимов М.Ю. Новые селекционно-технологические критерии оценки плодовой и ягодной продукции для индустрии здорового и диетического питания // Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 4. С. 244–254. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10057>
- Ветрова О.А., Макаркина М.А., Леонтьева Л.И. Влияние минеральных удобрений на вкусовые показатели плодов яблони // Садоводство и виноградарство. 2023. № 2. С. 28–35. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2023-2-28-35>
- Ветрова О.А., Макаркина М.А., Леонтьева Л.И. Влияние минерального питания на некоторые биохимические показатели качества плодов яблони // Плодородие. 2023. № 2(131). С. 43–47. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2023.131.10>
- Дубовицкий А.А., Климентова Э.А., Григорьева Л.В. Анализ современного состояния отрасли садоводства в России и перспективы развития на основе реализации рыночного потенциала // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15. № 4(75). С. 124–138. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_4\\_124](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_4_124)
- Егоров Е.А., Шадрин Ж.А., Кочьян Г.А. Методические подходы к формированию структурно-параметрических моделей нормативного управления устойчивостью воспроизводственных процессов в многолетних агроценозах // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 6. С. 4–8. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/6/4-8>
- Леоничева Е.В., Роева Т.А., Леонтьева Л.И. и др. Влияние некорневых подкормок на содержание калия, кальция и магния в плодах двух сортов яблони // Агрохимия. 2018. № 8. С. 22–33. <https://doi.org/10.1134/S0002188118080094>
- Макаркина М.А., Седов Е.Н., Ветрова О.А. Оценка и отбор сортов яблони для селекции на повышенное содержание фенольных соединений в плодах // Современное садоводство. 2023. № 4. С. 23–35. [https://doi.org/10.52415/23126701\\_2023\\_0403](https://doi.org/10.52415/23126701_2023_0403)
- Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
- Ожерельева З.Е., Прудников П.С., Никитин А.Л. и др. Урожайность и качество плодов *Malus domestica* Borkh. под влиянием новых органоминеральных удобрений // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58. № 5. С. 902–914. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2023.5.902rus>
- Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 606 с.
- Седов Е.Н., Янчук Т.В., Корнеева С.А., Макаркина М.А. Создание российских адаптивных сортов яблони (*Malus × domestica* Borkh.) ВНИИСПК — смена задач и развитие методов селекции (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 5. С. 897–910. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.5.897rus>
- Столяров М.Е., Леоничева Е.В., Роева Т.А., Леонтьева Л.И. Влияние корневого и некорневого удобрения на качество плодов яблони двух сортов // Агрохимический вестник. 2020. № 6. С. 59–67. <https://doi.org/10.24411/1029-2551-2020-10087>
- Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Тармаева И.Ю. Формирование общероссийской системы образования в области здорового питания населения // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 10. С. 1012–1018. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-10-1012-10181>
- Ayba L., Kunina V., Platonova N. et al. Biochemical composition of apple fruits when treated with growth-stimulating agrochemicals // E3S Web of Conferences. II International Conference on Agriculture, Earth Remote Sensing and Environment (RSE-II-2023). 2023. Vol. 392. P. 01007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339201007>
- Bondonno N.P., Bondonno C.P., Ward N.C. et al. The cardiovascular health benefits of apples: Whole fruit vs. isolated compounds // Trends in Food Science & Technology. 2017. Vol. P. 243–256. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.04.012>
- Kuzin A.I., Kashirskaia N.Ya., Kochkina A.M., Kushntr A.V. Correction of potassium fertigation rate of apple tree (*Malus domestica* borkh.) in central russia during the growing season // Plants. 2020. Vol. 9. No. 10. PP. 1–21. <https://doi.org/10.3390/plants9101366>
- Lavic D., Radovi M., Alima J. et al. Influence of cultivar and fertilization treatment on bioactive content of some apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2023. Vol. 47. No. 3. PP. 345–356. <https://doi.org/10.55730/1300-011X.3091>

19. Mignard P., Beguería S., Giménez R. et al. Effect of genetics and climate on apple sugars and organic acids profiles // *Agronomy*. 2022. Vol. 12(4). P. 827. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040827>
  20. Milošević T., Milošević N., Mladenović J. The influence of organic, organo-mineral and mineral fertilizers on tree growth, yielding, fruit quality and leaf nutrient composition of apple cv. 'Golden Delicious Reinders' // *Scientia Horticulturae*. 2022. Vol. 297. P. 110978. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.110978>
- REFERENCES**
1. Abramenko N.A., Medelyaeva A.Yu., Lisova E.N. Izuchenie vliyaniya razlichnykh skhem vneseniya mineral'nykh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo Sinapa orlovskogo // *Nauka i Obrazovanie*. 2020. T. 3. № 3. S. 302.
  2. Akimov M.Yu. Novye selekcionno-tekhnologicheskie kriterii ocenki plodovoy i yagodnoy produkcii dlya industrii zdorovogo i dieticheskogo pitaniya // *Voprosy pitaniya*. 2020. T. 89. № 4. S. 244–254. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10057>
  3. Vetrova O.A., Makarkina M.A., Leont'eva L.I. Vliyanie mineral'nykh udobrenij na vkusovye pokazateli plodov yabloni // *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. 2023. № 2. S. 28–35. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2023-2-28-35>
  4. Vetrova O.A., Makarkina M.A., Leont'eva L.I. Vliyanie mineral'nogo pitaniya na nekotorye biohimicheskie pokazateli kachestva plodov yabloni // *Plodorodie*. 2023. № 2(131). S. 43–47. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2023.131.10>
  5. Dubovickij A.A., Klimentova E.A., Grigor'eva L.V. Analiz sovremennogo sostoyaniya otrasli sadovodstva v Rossii i perspektivy razvitiya na osnove realizacii rynochnogo potentsiala // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022. T. 15. № 4(75). S. 124–138. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_4\\_124](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_4_124)
  6. Egorov E.A., Shadrina Zh.A., Koch'yan G.A. Metodicheskie podhody k formirovaniyu strukturno-parametricheskikh modelej normativnogo upravleniya ustojchivost'yu vosproizvodstvennykh processov v mnogoletnih agrocenozah // *Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2023. № 6. S. 4–8. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/6/4-8>
  7. Leonicheva E.V., Roeva T.A., Leont'eva L.I. i dr. Vliyanie nekornevnykh podkormok na sodержanie kaliya, kal'ciya i magniya v plodah dvuh sortov yabloni // *Agrohimiya*. 2018. № 8. S. 22–33. <https://doi.org/10.1134/S0002188118080094>
  8. Makarkina M.A., Sedov E.N., Vetrova O.A. Ocenka i otborsortov yabloni dlya selekcii na povyshennoe sodержanie fenol'nykh soedinenij v plodah // *Sovremennoe sadovodstvo*. 2023. № 4. S. 23–35. [https://doi.org/10.52415/23126701\\_2023\\_0403](https://doi.org/10.52415/23126701_2023_0403)
  9. Metody biohimicheskogo issledovaniya rastenij / pod red. A.I. Ermakova. L.: Agropromizdat, 1987. 430 s.
  10. Ozherel'eva Z.E., Prudnikov P.S., Nikitin A.L. i dr. Urozhajnost' i kachestvo plodov *Malus domestica* Borkh. pod vliyaniem novykh organomineral'nykh udobrenij // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2023. T. 58. № 5. S. 902–914. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2023.5.902rus>
  11. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur / pod obshch. red. E.N. Sedova, T.P. Ogo'covej. Orel: VNIISPK, 1999. 606 s.
  12. Sedov E.N., Yanchuk T.V., Korneeva S.A., Makarkina M.A. Sozdanie rossijskikh adaptivnykh sortov yabloni (*Malus* × *domestica* Borkh.) VNIISPK – smena zadach i razvitie metodov selekcii (obzor) // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2022. T. 57. № 5. S. 897–910. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.5.897rus>
  13. Stolyarov M.E., Leonicheva E.V., Roeva T.A., Lent'eva L.I. Vliyanie korneвого i nekorneвого udobreniya na kachestvo plodov yabloni dvuh sortov // *Agrohimicheskij vestnik*. 2020. № 6. S. 59–67. <https://doi.org/10.24411/1029-2551-2020-10087>
  14. Tutel'yan V.A., Nikityuk D.B., Tarmaeva I.Yu. Formirovanie obshcherossijskoj sistemy obrazovaniya v oblasti zdorovogo pitaniya naseleniya // *Gigiena i sanitariya*. 2023. T. 102. № 10. S. 1012–1018. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-10-1012-10181>
  15. Ayba L., Kunina V., Platonova N. et al. Biochemical composition of apple fruits when treated with growth-stimulating agrochemicals // *E3S Web of Conferences. II International Conference on Agriculture, Earth Remote Sensing and Environment (RSE-II-2023)*. 2023. Vol. 392. P. 01007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339201007>
  16. Bondonno N.P., Bondonno C.P., Ward N.C. et al. The cardiovascular health benefits of apples: Whole fruit vs. isolated compounds // *Trends in Food Science & Technology*. 2017. Vol. P. 243–256. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.04.012>
  17. Kuzin A.I., Kashirskaya N.Ya., Kochkina A.M., Kushntr A.V. Correction of potassium fertigation rate of apple tree (*Malus domestica* Borkh.) in central Russia during the growing season // *Plants*. 2020. Vol. 9. No. 10. PP. 1–21. <https://doi.org/10.3390/plants9101366>
  18. Lavic D., Radovi M., Alima J. et al. Influence of cultivar and fertilization treatment on bioactive content of some apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars // *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2023. Vol. 47. No. 3. PP. 345–356. <https://doi.org/10.55730/1300-011X.3091>
  19. Mignard P., Beguería S., Giménez R. et al. Effect of genetics and climate on apple sugars and organic acids profiles // *Agronomy*. 2022. Vol. 12(4). P. 827. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040827>
  20. Milošević T., Milošević N., Mladenović J. The influence of organic, organo-mineral and mineral fertilizers on tree growth, yielding, fruit quality and leaf nutrient composition of apple cv. 'Golden Delicious Reinders' // *Scientia Horticulturae*. 2022. Vol. 297. P. 110978. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.110978>

Поступила в редакцию 29.07.2024

Принята к публикации 12.08.2024