

<https://doi.org/10.31279/ABNC-2026-16-3-143>

Влияние Лигногумата АМ на морфологию, урожайность и товарное качество плодов *Citrus reticulata* var. *unshiu* 'Kowano Wase' в условиях субтропиков России

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Александр Сергеевич Кулешов
E-mail: subtrop.alexandr24@gmail.com

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Горшков В.М., Кулешов А.С., Кулян Р.В. Влияние Лигногумата АМ на морфологию, урожайность и товарное качество плодов *Citrus reticulata* var. *unshiu* 'Kowano Wase' в условиях субтропиков России. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2026;16(3):115-124. <https://doi.org/10.31279/ABNC-2026-16-3-143>
EDN ZOBOHT

ПОСТУПИЛА: 27.07.2026

ДОРАБОТАНА: 03.09.2026

ПРИНЯТА: 03.09.2026

ОПУБЛИКОВАНА ОНЛАЙН: 30.09.2026

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ:

Работа выполнена в рамках Государственного задания ФИЦ СЦ РАН FGRW-2024-0003, регистрационный номер 124022000093-1.

COPYRIGHT: © 2026 Горшков В.М., Кулешов А.С., Кулян Р.В.



В.М. Горшков, А.С. Кулешов , Р.В. Кулян

Субтропический научный центр Российской академии наук, Сочи, Россия

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. В условиях снижения плодородия почв и усиления абиотических стрессов актуальным направлением является применение экологически безопасных биостимуляторов, в том числе гуминовых препаратов, способных повышать продуктивность и устойчивость сельскохозяйственных культур. Особый интерес представляет их использование при возделывании цитрусовых, отличающихся высокой чувствительностью к условиям внешней среды. Влажные субтропики России характеризуются значительной изменчивостью температурного режима и влагообеспечения, что оказывает существенное влияние на рост, развитие и плодоношение мандарина. В связи с этим актуальным является поиск агроприемов, направленных на повышение адаптивного потенциала растений и стабилизацию урожайности.

ЦЕЛЬ. Оценка влияния пятикратной внекорневой обработки препаратом Лигногумат АМ на продуктивность и товарное качество плодов мандарина (*Citrus reticulata* var. *unshiu* 'Kowano Wase') в условиях влажных субтропиков России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Полевые опыты проводились в 2023–2025 гг. на базе Субтропического научного центра РАН (г. Сочи). Объектом исследования служили растения мандарина на подвое *Citrus trifoliata*, схема посадки 4×1,5 м. Обработки выполнялись в ключевые фенологические фазы развития растений.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Установлено, что применение Лигногумата АМ обеспечивало устойчивое повышение урожайности во все годы исследований. Наибольший эффект отмечен в 2025 г., когда средняя урожайность достигала 12,8 кг/дерево (212,1 ц/га), что на 20–25 % превышало контроль. В стрессовых погодных условиях (жаркое и засушливое лето) препарат способствовал снижению потерь урожая, что свидетельствует о повышении адаптивного потенциала растений. Выявлено улучшение товарного качества продукции за счет увеличения доли плодов крупной фракции (≥60 мм) и снижения количества мелких плодов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Таким образом, пятикратное применение Лигногумата АМ является эффективным агротехническим приемом, обеспечивающим повышение урожайности, стабильность плодоношения и улучшение качества плодов мандарина в условиях субтропиков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Лигногумат АМ, урожайность мандарина, качество плодов, адаптивность растений

<https://doi.org/10.31279/ABNC-2026-16-3-143>

Effect of Lignohumate AM on morphology, yield and commercial quality of *Citrus reticulata* var. *unshiu* 'Kowano Wase' fruits under the subtropical conditions of Russia

CORRESPONDENCE:

Alexander S. Kuleshov

E-mail: subtrop.alexandr24@gmail.com

FOR CITATION:

Gorshkov V.M., Kuleshov A.S., Kulyan R.V. Effect of Lignohumate AM on morphology, yield and commercial quality of *Citrus reticulata* var. *unshiu* 'Kowano Wase' fruits under the subtropical conditions of Russia. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2026;16(3):115-124. (In Russ.) <https://doi.org/10.31279/ABNC-2026-16-3-143>

RECEIVED: 27.07.2026

REVISED: 03.09.2026

ACCEPTED: 03.09.2026

PUBLISHED ONLINE: 30.09.2026

DECLARATION OF COMPETING INTEREST: none declared.

ACKNOWLEDGEMENTS: This work was carried out under the State Assignment of the Federal Research Centre "Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences" (FGRW-2024-0003, registration No. 124022000093-1).

COPYRIGHT: © 2026 Gorshkov V.M., Kuleshov A.S., Kulyan R.V.



V.M. Gorshkov, A.S. Kuleshov , R.V. Kulyan 

Subtropical Research Center of the Russian Academy of Sciences, Sochi, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Against the background of declining soil fertility and increasing abiotic stressors, the use of environmentally safe biostimulants, including humic preparations, represents a promising approach to enhance crop productivity and stress tolerance. Of particular interest is their application in citrus cultivation, given the high sensitivity of these crops to environmental conditions. The humid subtropics of Russia are characterized by considerable variability in temperature and moisture regimes, which significantly affects the growth, development, and fruiting of mandarins. Therefore, the search for agronomic practices aimed at increasing the adaptive potential of plants and stabilizing yields is of high relevance.

AIM. To evaluate the effect of fivefold foliar treatment with the preparation Lignohumate AM on the productivity and commercial fruit quality of mandarin (*Citrus reticulata* var. *unshiu* 'Kowano Wase') under the humid subtropical conditions of Russia.

MATERIALS AND METHODS. Field experiments were conducted in 2023–2025 at the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (Sochi). The work studied mandarin plants grafted onto *Citrus trifoliata* rootstock, planted at a spacing of 4 × 1.5 m. Treatments were applied during key phenological stages of plant development.

RESULTS. It was established that the application of Lignohumate AM consistently increased yield throughout all study years. The greatest effect was observed in 2025, when the average yield reached 12.8 kg per tree (212.1 dt/ha), which was 20–25% higher than the control. Under stressful weather conditions (hot and dry summer), the preparation contributed to reducing yield losses, indicating enhanced adaptive potential of the plants. An improvement in commercial fruit quality was also recorded, manifested as an increased proportion of large-sized fruit (≥60 mm) and a decreased share of small-sized fruit.

CONCLUSION. Thus, fivefold application of Lignohumate AM is an effective agronomic practice that ensures increased yield, greater fruiting stability, and improved fruit quality of mandarin under subtropical conditions.

KEYWORDS: Lignohumate AM, mandarin yield, fruit quality, plant adaptability

ВВЕДЕНИЕ

Гуминовые кислоты являются сложными высокомолекулярными органическими соединениями, формирующимися в процессе гумификации растительных и животных остатков. Они являются одной из основных фракций почвенного гумуса и могут быть разделены на гуминовые кислоты (ГК), гумин и фульвокислоты [1]. Они играют ключевую роль в формировании плодородия почв, участвуют в регуляции биогеохимических циклов и оказывают комплексное влияние на рост и развитие растений. В соответствии с классификацией, предложенной International Humic Substances Society, гуминовые кислоты относятся к щелочерастворимой фракции гумусовых веществ, обладающей высокой химической реакционной способностью и выраженной физиологической активностью [2].

В условиях глобального снижения содержания органического вещества в почвах и усиления деградационных процессов особую актуальность приобретает поиск экологически безопасных способов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. По данным Food and Agriculture Organization [3], деградация почвенного покрова является одним из ключевых факторов, ограничивающих устойчивое развитие мирового растениеводства. В связи с этим гуминовые вещества рассматриваются как перспективные биостимуляторы, способные одновременно улучшать физико-химические свойства почвы и активизировать физиологические процессы растений [4].

Физиологическое действие гуминовых кислот носит многоуровневый характер. Показано, что они повышают проницаемость клеточных мембран, активируют ферментные системы, усиливают дыхание и фотосинтетическую активность, а также способствуют более эффективному поглощению макро- и микроэлементов [5; 6]. Особое значение придается их влиянию на развитие корневой системы: гуминовые кислоты стимулируют образование боковых корней и корневых волосков, что увеличивает площадь поглощения и повышает эффективность минерального питания. Механизмы данного действия связывают с ауксиноподобной активностью [7]. Также показано, что гуминовые кислоты способствуют снижению токсичности меди для саженцев цитрусовых [8].

На молекулярном уровне гуминовые кислоты способны регулировать экспрессию генов, участвующих в росте и стресс-ответе растений, а также моди-

фицировать сигнальные пути, связанные с азотным и углеродным обменом [9; 10]. Кроме того, они проявляют антиоксидантные свойства, снижая уровень окислительного стресса и повышая устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды, включая засуху и засоление [11]. Комплекс этих эффектов приводит к увеличению биомассы, ускорению начального роста и повышению коэффициента использования удобрений.

Особый интерес представляет изучение влияния гуминовых кислот на многолетние плодовые культуры, в том числе цитрусовые, характеризующиеся высокой чувствительностью к условиям питания и водного режима. По данным современных исследований, применение гуминовых препаратов при выращивании цитрусовых культур способствует усилению роста корневой системы, увеличению содержания хлорофилла, улучшению поглощения элементов питания, а также повышению урожайности и качества плодов [12; 13]. Отмечено увеличение массы и диаметра плодов, повышение содержания сахаров и аскорбиновой кислоты, а также снижение негативного влияния солевого стресса [14–16]. Важным механизмом действия является также активизация микробиологических процессов в почве, что способствует улучшению доступности питательных элементов и повышению устойчивости растений к патогенам [17]. Также отмечается, что гуминовые кислоты улучшают водный режим растений и повышают их устойчивость к абиотическим стрессам [18].

Российские субтропики — уникальный и самый северный регион, где возможно успешное выращивание цитрусовых культур в открытом грунте [19]. Этот регион — своеобразная переходная граница естественного произрастания теплолюбивых цитрусовых культур, включая и самый морозоустойчивый вид — мандарин (*Citrus reticulata* Bl. var. *unshiu*). Из всех абиотических факторов окружающей среды для выживания цитрусовых наиболее значимы температура и осадки (влажность почвы). Эти факторы определяют ростовые, генеративные процессы и общий метаболизм растений, необходимый для их выращивания.

В нестабильных погодных условиях особую актуальность приобретает поиск агроприемов, способствующих повышению устойчивости растений к стрессовым факторам среды и оптимизации их физиологического состояния. Одним из перспективных направлений считается применение гуминовых кислот как природных регуляторов роста и адаптации

онных реакций растений. Однако, несмотря на значительный объем накопленных данных, механизмы взаимодействия гуминовых кислот с растительным организмом, особенно в отношении многолетних плодовых культур, остаются предметом научной дискуссии. В этой связи дальнейшее исследование влияния гуминовых кислот на физиологические процессы и продуктивность цитрусовых растений является актуальным направлением, имеющим как фундаментальное, так и прикладное значение.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе применялся многофункциональный гуминовый стимулятор роста Лигногумат АМ, состоящий из микроэлементов и повышенного содержания фульвокислот. Стимулятор был получен от компании ООО «Лигногумат» (Россия). Производят препарат с 1992 года. Он имеет в своем составе полусинтетические вещества, полученные на основе солей гуминовых и фульвовых кислот, образованных в результате гумисикации растительного сырья (древесины). Применяется для комплексной обработки растений на всех стадиях роста для активного транспортирования питательных веществ и микроэлементов в растения, что может способствовать прибавке урожая до 40 %.

Повторная фолиарная обработка Лигногуматом АМ проведена в 2023–2025 гг. на цитрусовой плантации ФИЦ «Субтропического научного центра Российской академии наук» г. Сочи. Объектом были растения мандарина низкорослой формы типа Васа 2013 г. посадки, подвой *Citrus trifoliata* Raf. Площадь питания 4 x 1,5 м, размещение на 1 га 1660 растений. Повто-

ность опыта трехкратная по три дерева в каждой делянке, размещение — рендомизированное. Почвы бурые лесные слабонасыщенные, тяжелосуглинистые на карбонатных аргилитах и песчанниках.

Сорт мандарина 'Ковано Васа' — низкорослые деревья, с раскидистой, густо облиственной кроной, без колючек, ветви средние, побеги короткие и средние, округлые. Листья средние (9–10 x 3,0–3,5 см), широколанцетовидные, черешки узкоокаймленные, короткие. Плоды шаровидные (5,8 x 4,7 см), масса до 80 г, основание слегка вдавлено. Вершина плода вдавлена или почти плоская. Кожура гладкая, блестящая, ярко оранжевая, толщиной 2,5–3,0 мм, рыхлая, отделяемость хорошая, сердцевина выполненная, долек 9–11, с тонкими, нежными пленками. Мякоть нежная, сочная светло-оранжевая, сок обильный, кисло-сладкий, семян нет [20] (рисунок 1). Погодные условия оценивались по методике ЕГМС, определялась температура воздуха и количество осадков по месяцам и за весь период испытания препарата.

Варианты опыта: I — опрыскивание Лигногуматом из расчета 10 г на 10 литров воды (1 л/дерево); II — опрыскивание водой (контроль). Повторность трехкратная, в повторности три растения. Учет урожая (шт/кг) с дерева, пересчет урожайности (ц/га). Сроки обработки с учетом фенологических фаз развития растений проводились: 1 — цветение (III декада мая), 2 — через три недели после цветения (II декада июня), 3 — через три недели после предыдущей (I декада июля), 4 — второй рост побегов (5–7 см длины) — II декада августа, и 5 — не менее 30 дней до созревания плодов (I декада сентября). При обработке материала и оценке результатов исследований применяли пакет программы Excel XP.



Рисунок 1
Растение мандарина сорта 'Ковано Васа'

Figure 1
Mandarin plant of the 'Kowano Wase' variety

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Цитрусовые — важнейшие плодовые культуры безморозных субтропических и тропических регионов. Основными лимитирующими факторами возделывания мандарина и других видов рода *Citrus* являются экологические, среди которых главным остается погода. От нее зависят ростовые, генеративные, физиолого-биохимические процессы растений, а также развитие болезней и вредителей. Температурный фактор имеет значение не только зимой, но и летом. Наряду с температурой важное значение имеет также количество выпавших атмосферных осадков, и особенно в критические фазы развития растений. На рисунке 2 представ-

лены результаты сравнительного анализа среднемесячной температуры воздуха и суммы осадков за 2023–2025 гг. относительно климатической нормы (январь – октябрь).

Погодные условия в период вегетации мандарина за 2023–2025 годы характеризовались выраженной сезонной изменчивостью температуры и увлажненности. В 2023 году средняя температура воздуха с мая по октябрь составила 21,3 °С, что соответствовало оптимальным условиям для роста растений, однако отдельные дни создавали стрессовые ситуации: 27 июля температура достигала 33,5 °С, 6 августа — 35,9 °С и 1 сентября — 33,3 °С. В этот период наблюдались мягкая зима с минимальным морозом 2,6 °С (17 февраля), дождливая весна и жаркое, сухое лето.

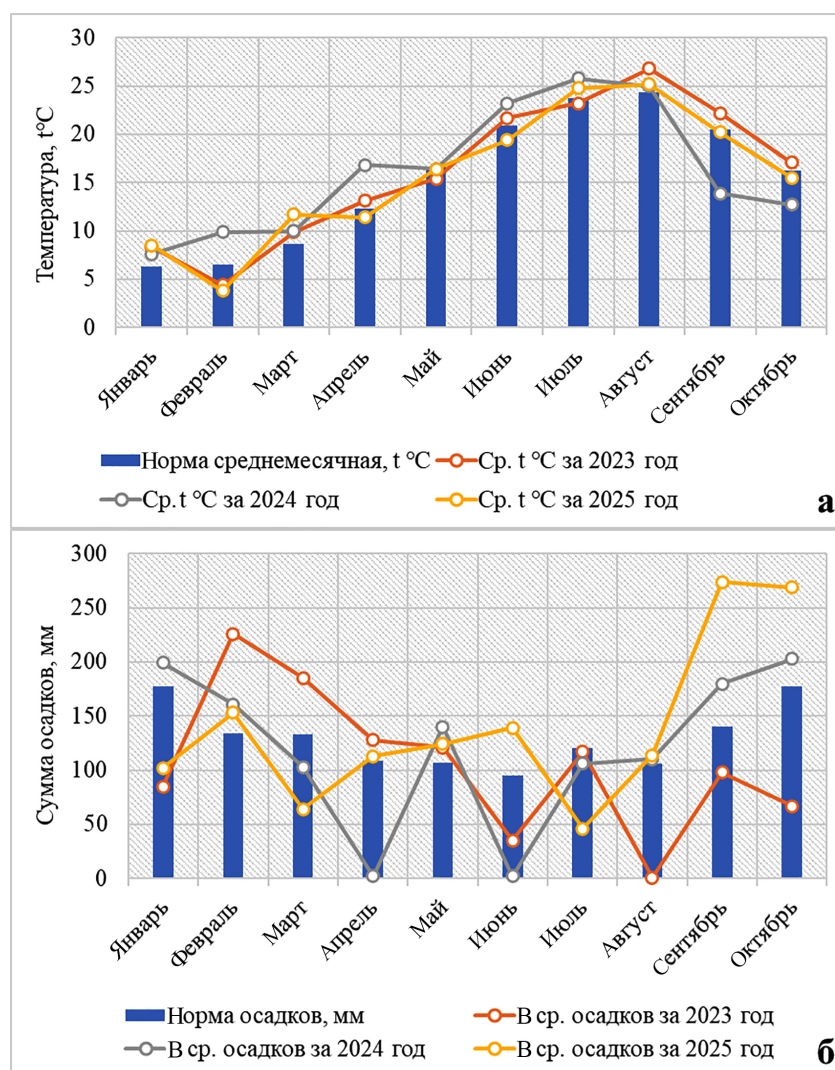


Рисунок 2

Погодные условия в период вегетации: а – температура; б – сумма осадков

Figure 2

Weather conditions during the growing season: а – temperature; б – amount of precipitation

Средняя температура за период испытаний (май – сентябрь) превышала норму на 0,6 °С. Наиболее обильные осадки пришлось на май (113 % нормы), в то время как с июня по октябрь выпало всего 432 мм осадков (58 % нормы), что указывает на выраженный летний дефицит влаги.

В 2024 году погодные условия отличались от предыдущего года по температурному режиму и распределению осадков. Средняя температура с мая по октябрь составила 20,3 °С, близкая к 2023 году, при этом отмечались шесть дней с экстремальными температурами, от 32,2 °С (25 апреля) до 34,3 °С (11 сентября), способными создавать стресс для растений. Зима была мягкой с морозом 3,3 °С (13 января), весна умеренно дождливой (около 70 % нормы осадков), а лето жаркое с засухой в июне (2 % от нормы). Средняя температура за период испытаний превышала норму на 0,6 °С. Наиболее обильные осадки выпали в мае (113 % нормы), в остальные периоды, с июня по октябрь, выпало 432 мм (58 % нормы), что также указывает на выраженный дефицит влаги летом.

Погодные условия 2025 года отличались повышенной влажностью и теплым летом. Средняя температура воздуха с мая по октябрь составила 20,2 °С, близкая к норме, а средняя температура периода испытаний (май – сентябрь) была на 0,1 °С ниже нормы. Экстремальные температуры достигали 31,6 °С в мае, 35,6 °С в июле и 34,0 °С в сентябре. Зима была мягкой (минимум 1,3 °С, 24 февраля), весна умеренно дождливой (301 мм при норме 353 мм). Лето было теплым со среднегодовой температурой 23,1 °С, но с локальной засухой в июле (выпало лишь 39 % нормы осадков). При

этом осадки в мае и сентябре превышали норму на 18 и 38 % соответственно, а в сентябре и октябре наблюдалось значительное превышение нормы (двойная и полуторная). Таким образом, анализ трех лет показал, что весенний период характеризуется умеренной температурой с отдельными экстремальными днями и высокой изменчивостью осадков, лето проявлялось жарой и засухой с единичными экстремальными максимумами температуры, а осень варьировала от сухой до крайне влажной. Общая картина свидетельствует о значительной сезонной контрастности погодных условий, которая влияет на стрессовое состояние растений мандарина и требует учета при проведении агротехнических мероприятий. Несмотря на это, об опытах с Лигногуматом АМ не отмечено отрицательных реакций на ростовые или генеративные процессы. Растения мандарина нормально перенесли стрессовые ситуации.

Для цитрусовых растений все фазы онтогенеза одинаково важны. Однако часто считается, что новообразование побегов и последующих листьев менее значимый ростовой процесс, чем формирование генеративных органов (почек, цветков, плодов), которое рассматривается как более важный этап развития. В проводимых исследованиях на развитие основных фенологических фаз мандарина, обусловленных применением Лигногумата АМ, обращалось особое внимание. Анализ проведенных наблюдений показывает, что в годы исследования применение Лигногумата АМ не оказывает влияния на сроки прохождения интересующих нас фенофаз — «второй рост побегов» и «созревание плодов» (таблица 1).

Таблица 1
Основные фенологические фазы развития мандарина сорта 'Kawano Wase' при применении Лигногумата АМ в 2023–2025 гг.

Table 1
Main phenological phases of development of the mandarin variety 'Kawano Wase' when using Lignohumate AM in 2023–2025

Фенофаза		2023 год		2024 год		2025 год	
		Л	К	Л	К	Л	К
Бутионизация		28.04	28.04	26.04	26.04	25.04	25.04
Цветение	Начало	06.05	06.05	08.05	08.05	07.05	07.05
	Конец	06.06	06.06	07.06	07.06	06.06	07.06
Второй рост побегов		04.08	04.08	16.08	16.08	15.08	15.08
Созревание плодов		17.10	17.10	20.10	20.10	22.10	22.10
Начало сбора урожая		20–23.10	20–23.10	25–28.10	25–28.10	25–28.10	25–28.10

Примечание: Л — Лигногумат АМ; К — контроль (вода)
Note: L (Л) — Lignohumate AM; C (K) — control (water)

Фолиарная внекорневая подкормка растений, особенно в фазы роста, имеет существенное значение для эффективности и влияния на урожай. Качественному распределению препарата на листьях способствует мелкодисперсное опрыскивание листьев кроны с двух сторон.

Применение Лигногумата АМ с известной концентрацией и кратностью применения на растениях мандарина в условиях субтропиков России проведено впервые. В условиях экологических стрессов, обусловленных неблагоприятными погодными условиями 2023 года, применение препарата способствовало снижению негативного влияния стрессовых факторов на растения и обеспечило повышение урожая плодов на 38,3 ц /га (9 %) (таблица 2). Прежде всего, на обработанных пятикратно Лигногуматом АМ растениях размер плодов по группам ГОСТа (таблица 4). При этом мелких плодов 3-й группы уменьшилось, а плодов 1-й и 2-й групп увеличилось за счет уменьшения плодов 3-й группы. Таким образом, фолиарное внесение Лигногумата, даже в первый год применения, способствовало повышению урожая плодов и товарного качества.

В таблице 2 отражено влияние обработки препаратом «Лигногумат АМ» на урожайность мандарина в сравнении с контролем (вода) за годы исследования.

В первую очередь видно, что в 2023 году различия между вариантами уже проявлялись. Так, средняя урожайность в контроле составила 14,8 кг/дерево (245,1 ц/га), тогда как при применении Лигногумата

АМ — 16,3 кг/дерево (270,8 ц/га). Это указывает на положительный эффект препарата уже в первый год.

В 2024 году наблюдалось общее снижение урожайности в обоих вариантах. Вероятно, это связано с засушливой и жаркой погодой в период завязывания плодов, которая способствовала опадению завязей и, как следствие, снижению урожая. Однако даже в таких условиях вариант с Лигногуматом АМ сохранил преимущество в сравнении с контролем. Это говорит о его положительном влиянии на растения за счет снижения воздействия стрессоров.

Наиболее выраженный эффект проявлялся в 2025 году. Средняя урожайность в варианте с Лигногуматом АМ достигала 12,8 кг/дерево (212,1 ц/га), тогда как в контроле она составляла лишь 10,5 кг/дерево. Следовательно, применение препарата Лигногумата АМ способствовало увеличению урожайности сорта мандарина 'Ковано Васа' на 20–25 %, что, в свою очередь, свидетельствует о его накопительном действии.

При применении различных препаратов важно изучать и учитывать не только влияние на урожайность, но и их влияние на товарное качество плодов. В результате наблюдений нами было установлено, что применение Лигногумата АМ способствует увеличению доли крупных плодов (60 мм и более) (таблица 3). Так, в 2023 году их доля составила 28 против 25 % в контроле, в 2024 — 25 против 22 %, в 2025 — 29 против 25 %. Одновременно снижалась доля мелких плодов (54–38 мм), что указывает на улучшение товарного качества плодов мандарина сорта 'Ковано Васа'.

Таблица 2

Влияние применения препарата «Лигногумат АМ» на урожайность мандарина сорта 'Kawano Wase', 2023–2025 гг.

Table 2

Effect of the use of Lignohumate AM on the yield of mandarin of the 'Kawano Wase' variety, 2023–2025

Вариант	Повторность	Урожайность					
		2023 год		2024 год		2025 год	
		кг/дер.	ц/га	кг/дер.	ц/га	кг/дер.	ц/га
Контроль (вода)	I	14,8±6,1	246,2	9,3±1,0	171,5	9,8±0,8	163,2
	II	14,6±3,2	242,4	9,3±1,3	154,9	10,2±0,8	168,8
	III	14,9±1,9	246,8	9,0±1,5	149,4	11,5±2,2	182,6
	Среднее	14,8±0,2	245,1	9,2±0,2	158,6	10,5±0,9	171,5
Лигногумат АМ	I	16,1±1,9	266,7	9,7±0,8	160,5	10,2±1,6	168,8
	II	15±1,4	249,6	9,3±0,8	154,9	13,8±3,3	229,6
	III	17,8±1,5	296,0	10,3±1,3	171,5	14,3±1,5	237,9
	Среднее	16,3±1,4	270,8	9,8±0,5	162,3	12,8±2,2	212,1

Таблица 3
Влияние применения препарата Лигногумата АМ на товарное качество мандарина сорта 'Kawano Wase', 2023–2025 гг.

Table 3
Effect of the use of Lignohumate AM on the commercial quality of mandarin of the 'Kawano Wase' variety, 2023–2025

Вариант	Год исследования	ГОСТ 4428–82		
		I	II	III
		60 мм и более	60–54 мм	54–38 мм
Контроль (вода)	2023	25	29	45
	2024	22	25	53
	2025	25	22	53
Лигногумат АМ	2023	28	35	38
	2024	25	30	45
	2025	29	26	45

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты трехлетних исследований показали, что многократные обработки мандарина сорта 'Ковано Васе' Лигногуматом АМ в течение вегетационного периода оказывают устойчивое положительное влияние на продуктивность и качество урожая. Во все годы наблюдений данный вариант превосходил контроль по урожайности, причем величина варьировала в зависимости от погодных условий, достигая максимальных значений к третьему году (до 20–25 %). В неблагоприятных условиях (2024 год) применение Лигногумата АМ способствует сниже-

нию потери урожайности в сравнении с контролем, что говорит о повышении адаптивного потенциала растений. Кроме того, пятикратная обработка способствует увеличению плодов крупной фракции за счет снижения мелкой.

Таким образом, регулярное применение Лигногумата АМ является эффективным агротехническим приемом, обеспечивающим повышение урожайности, ее стабильности по годам и улучшение качественных показателей плодов за счет комплексного физиолого-биохимического воздействия на растения.

Вклад авторов

- В. М. Горшков:** разработка концепции, курирование данных, проведение исследования, административное руководство исследовательским проектом, научное руководство, визуализация, написание черновика рукописи, написание рукописи — рецензирование и редактирование.
- А. С. Кулешов:** формальный анализ, проведение исследования, визуализация, написание черновика рукописи, написание рукописи — рецензирование и редактирование.
- Р. В. Кулян:** проведение исследования, административное руководство исследовательским проектом, предоставление ресурсов, написание рукописи — рецензирование и редактирование.

Contributions

- V. M. Gorshkov:** conceptualization, data curation, investigation, project administration, supervision, visualization, writing — original draft, writing — review & editing.
- A. S. Kuleshov:** formal analysis, investigation, visualization, writing — original draft, writing — review & editing.
- R. V. Kulyan:** investigation, project administration, resources, writing — review & editing.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/ REFERENCES

1. Peng X.X., Gai S., Cheng K., et al. Roles of humic substances redox activity on environmental remediation. *Journal of Hazardous Materials*. 2022;435:129070. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129070>
2. Maffia A., Oliva M., Marra F., et al. Humic substances: bridging ecology and agriculture for a greener future. *Agronomy*. 2025;15(2):410. <https://doi.org/10.3390/agronomy15020410>
3. FAO. Status of the World's Soil Resources. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i5199e> The link is active on 21.05.2026
4. Olaetxea M., Mora V., Baigorri R., et al. The singular molecular conformation of humic acids in solution influences their ability to enhance root hydraulic conductivity and plant growth. *Molecules*. 2020;26(1):3. <https://doi.org/10.3390/molecules26010003>
5. Canellas L.P., Olivares F.L. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2014;1:3. <https://doi.org/10.1186/2196-5641-1-3>
6. Guo X.X., Liu H.T., Wu S.B. Humic substances developed during organic waste composting: Formation mechanisms, structural properties, and agronomic functions. *Science of the total environment*. 2019;662:501-510. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.137>
7. Silva R.M., Peres A.N.A., Peres L.E.P., et al. Humic substances isolated from recycled biomass trigger jasmonic acid biosynthesis and signalling. *Plants*. 2023;12(17):3148. <https://doi.org/10.3390/plants12173148>
8. Huang W.T., Shen Q., Yang H., et al. Effects of humic acid-copper interactions on growth, nutrient absorption, and photosynthetic performance of *Citrus sinensis* seedlings in sand culture. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2024;43:3920-3938. <https://doi.org/10.1007/s00344-024-11359-y>
9. Canellas L.P., Canellas N.O., Soares T.S., et al. Humic acids interfere with nutrient sensing in plants owing to the differential expression of TOR. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2019;38(1):216-224. <https://doi.org/10.1007/s00344-018-9835-6>
10. Olaetxea M., Mora V., Baigorri R., et al. The singular molecular conformation of humic acids in solution influences their ability to enhance root hydraulic conductivity and plant growth. *Molecules*. 2021;26(1):3. <https://doi.org/10.3390/molecules26010003>
11. Canellas L.P., da Silva R.M., Busato J.G., et al. Humic substances and plant abiotic stress adaptation. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2024;11(1):1-18. <https://doi.org/10.1186/s40538-024-00575-z>
12. Kareem I.H., Bahauldin A.S., Mohammed A.O. Effect of humic acid on vegetative growth characteristics and yield of citrus fruits: A review. *International Journal of Horticulture and Food Science*. 2024;6(1):129-132. <https://doi.org/10.33545/26631067.2024.v6.i1b.201>
13. Martinez E. Biochemical effects of humic acid on citrus tree development and fruit yield: An integrated review. *International Journal of Chemical and Biological Sciences*. 2025;7(1):170-173. <https://doi.org/10.33545/26646765.2025.v7.i1b.176>
14. Hameed A., Fatma S., Wattoo J.I., et al. Accumulative effects of humic acid and multinutrient foliar fertilizers on the vegetative and reproductive attributes of citrus (*Citrus reticulata* cv. kinnow mandarin). *Journal of plant nutrition*. 2018;41(19):2495-2506. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1510506>
15. He X., Zhang H., Li J., et al. The positive effects of humic/fulvic acid fertilizers on the quality of lemon fruits. *Agronomy*. 2022;12(8):1919. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081919>
16. Asim M., Hayat F., Ashraf T., et al. Impact of various combinations of organic and inorganic fertilizers on fruit production and quality of 'Kinnow' Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco.). *Applied Fruit Science*. 2024;66(1):133-143. <https://doi.org/10.1007/s10341-023-00969-7>
17. Schmidt I., Zayed A., Bianchi L. Microbial interactions facilitated by humic acid in citrus tree rhizosphere: Implications for growth and yield. *Microbiology Journal*. 2025;6(2):423-426. <https://doi.org/10.22271/micro.2025.v6.i2e.286>
18. Al-Sayed A., Gonzalez M., Yeboah G. Humic acid as a natural growth enhancer in citrus crops: A phytopharmacological evaluation. *Journal of Phytopharmacology and Phytomedicine*. 2025;2(2):52-56. <https://doi.org/10.33545/30810620.2025.v2.i2.A.33>

19. Кулян Р.В., Кулешов А.С. Изучение и практическое использование биоресурсной коллекции цитрусовых культур. *Аграрный научный журнал*. 2024;1:17-23. <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i1pp17-23>
Kulyan R.V., Kuleshov A.S. Study and practical use of the bioresource collection of citrus crops. *Agrarian Scientific Journal*. 2024;1:17-23. (In Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i1pp17-23>
20. Горшков В.М., Фогель В.А., Кулян Р.В. *Каталог цитрусовых культур* / под редакцией А. В. Рындины. Сочи.:ГНУ ВНИИЦиСК, 2013.91.
Gorshkov V.M., Fogel V.A., Kulyan R.V. *Catalogue of Citrus Crops* / Edited by A. V. Ryndin. Sochi: GNU VNIITSISK, 2013.91. (In Russ.)

Сведения об авторах

Горшков Вячеслав Михайлович —

доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, Субтропический научный центр Российской академии наук, Сочи, Россия

SPIN-код: 3510-7161

mitisvg@mail.ru

Кулешов Александр Сергеевич —

кандидат биологических наук, научный сотрудник, Субтропический научный центр Российской академии наук, Сочи, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-4192-8329>

SPIN-код: 5146-7229

subtrop.alexandr24@gmail.com

Кулян Раиса Васильевна —

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Субтропический научный центр Российской академии наук, Сочи, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-8406-8197>

SPIN-код: 4411-4979

raisa.kulyan22@gmail.com

About the authors

Vyacheslav M. Gorshkov —

Dr. Sci. (Agric.), Chief Researcher, Subtropical Research Center of the Russian Academy of Sciences, Sochi, Russia

mitisvg@mail.ru

Alexander S. Kuleshov —

Cand. Sci. (Biol.), Head of Laboratory, Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Sochi, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-4192-8329>

subtrop.alexandr24@gmail.com

Raisa V. Kulyan —

Cand. Sci. (Agric.), Leading Researcher, Subtropical Research Center of the Russian Academy of Sciences, Sochi, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-8406-8197>

raisa.kulyan22@gmail.com