

Управление продукционным потенциалом винограда внекорневыми подкормками микроудобрениями

Руссо Д.Э. [✉]

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, г. Краснодар, Краснодарский край, Россия

[✉]dmitriyrusso@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены биологические аспекты применения в ампелоценозе агрохимикатов различных составов, содержащих физиологически активные микроэлементы. В результате проведения стационарных полевых опытов в условиях Черноморской зоны виноградарства (Темрюкская подзона) установлено существенное влияние агрохимикатов, применяемых внекорневым способом на физиологическую функцию роста и продуктивность растений винограда сортов Августин и Молдова. В опытах был использован комплексный препарат на основе монокалийфосфата ($\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$) и лимонной кислоты (регистрационное наименование «Нутривант», P40K25Mg2B2), содержащий прилипатель фертивант, в сочетании с борным микроудобрением, содержащим бор в органической форме (регистрационное наименование «Бороплюс», B15, жидкая препаративная форма) и хелатированный ЭДТА минеральный комплекс (регистрационное наименование «Плантафол», $\text{N20P20K20+MЭ B0,02 Fe0,01 Mn0,05 Zn0,05 Cu0,05}$), содержащий ПАВ – прилипатель и адъюванты. Выбор агрохимикатов для использования в ампелоценозе был основан на их биологической роли в физиологических процессах роста, формирования генеративных органов, устойчивости растений к действию абиотических факторов. В результате проведения научных исследований установлено, что прием внекорневой подкормки способствовал активации меристемы корня и более интенсивному в сравнении с контрольным вариантом (без применения агрохимикатов) образованию поглощающей фракции корней за счет снабжения активно делящихся клеток энергетическими и пищевыми ресурсами. Процесс активации корнеобразования был сопряжен с ростом продуктивности побегов всех групп рослости при различной нагрузке кустов побегами. Выявлена активация функционирования листового аппарата как результат развития меристематических клеток листа, вызванного действием агрохимикатов. Расчетные показатели продуктивности сортов (K_1 и K_2) значительно превышали эти значения в контрольном варианте.

Ключевые слова: виноград; микроудобрения; внекорневые обработки; продуктивность растений.

Для цитирования: Руссо Д.Э. Управление продукционным потенциалом винограда внекорневыми подкормками микроудобрениями // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2025;27(2):112-118. EDN GHLAXM.

O R I G I N A L R E S E A R C H

Management of production potential of grapes with foliar top dressing using micronutrients

Russo D.E. [✉]

North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar, Krasnodar Territory, Russia

[✉]dmitriyrusso@yandex.ru

Abstract. The article discusses biological aspects of using agrochemicals of various formulations containing physiologically active trace elements in ampelocenos. As a result of stationary field experiments in the conditions of Black Sea viticulture zone (Temryuk subzone), a significant effect of agrochemicals used by the method of foliar top dressing on the physiological growth function and productivity of 'Augustine' and 'Moldova' grape varieties was established. In the experiments, a complex preparation based on monokalium phosphate ($\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$) and citric acid (registration name "Nutrivant", P40K25Mg2B2) containing the adhesive fertivant was used in combination with boric micronutrient with boron in organic form (registration name "Boroplus", B15, liquid formulation), and chelated EDTA mineral complex (registration name "Plantafol", $\text{N20P20K20+ME B0.02 Fe0.01 Mn0.05 Zn0.05 Cu0.05}$) containing SAA – adhesive and adjuvants. The choice of agrochemicals to be used in ampelocenos was based on their biological role in physiological growth processes, formation of generative organs, and plant resistance to abiotic factors. As a result of scientific research, it was found that foliar top dressing contributed to activation of root meristem, and a more intensive formation of absorbing fraction of roots compared to the control variant (without the use of agrochemicals) due to the supply of active fission cells with energy and food resources. The process of activating root formation was associated with an increase in the productivity of shoots of all growth groups and different bush loads with shoots. Activation of leaf apparatus functioning was revealed as a result of meristematic leaf cells development caused by the action of agrochemicals. The calculated productivity indicators of grape varieties (K_1 and K_2) significantly exceeded these values in the control variant.

Key words: grapes; micronutrients; foliar top dressing; plant productivity.

For citation: Russo D.E. Management of production potential of grapes with foliar top dressing using micronutrients. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2025;27(2):112-118. EDN GHLAXM (in Russian).

Введение

Технологическая схема ухода за виноградом основана на биологических особенностях растений и ресурсном почвенно-климатическом потенциале агротерритории, знание которых позволяет формировать устойчивые к действию негативных биотических и абиотических факторов высоко-

продуктивные ампелоценозы [1–3]. Биологические особенности сорта и комплекс эдафических условий возделывания культуры винограда являются важным компонентом системы агроприемов, направленных на оптимизацию режима питания растений [4, 5]. Основным регуляторным приемом стабилизации питательного режима винограда являются агрохимикаты различных составов, удовлетворяющие биологические потребности

растений в процессе формирования урожая. Количество и соотношение минеральных элементов, вносимых в почву и внекорневым способом, усваиваемых и преобразованных растениями в хозяйственно ценные элементы урожая, определяются биологическими свойствами винограда [6–10]. Так, авторы научных публикаций указывают на важную роль микроэлементов в почве и в составе минеральных и органоминеральных удобрений, имеющих различный уровень подвижности в сосудистой системе растений и оказывающих влияние на рост, развитие винограда, химический состав формирующихся ягод и виноматериалов [11–15]. Биологическую роль различных микроэлементов исследователи объясняют степенью их подвижности во флоэме, специализирующейся на транспорте питательных веществ к частям растения, и спецификой накопления биогенных элементов в различных частях кроны и грозди винограда, разделяя их на категории: первая – элементы, продолжающие накапливаться на протяжении всего роста и созревания ягод (подвижные во флоэме S, Mg, B, Fe, Cu), вторая – элементы, интенсивно накапливающиеся до начала окрашивания (созревания) ягод (подвижные в ксилеме Ca, Mn, Zn). Исследователи указывают также, что мякоть и кожица ягода усваивают преимущественно бор, а семена – марганец, фосфор, кальций, серу и цинк [9]. Описывая процессы, связанные с потреблением микроэлементов растениями винограда ученые рассматривают их важную роль в накоплении ягодами сахаров и участие в активации биологических катализаторов биохимических реакций и осморегуляторов в условиях изменяющейся среды, а также механизмах обмена веществ, дыхания, формировании пигментного комплекса (Fe, Mn, Zn, B) [16], азотном обмене (Mo) [17], углеводном обмене, содержании витаминов, ассимиляционной активности, повышении продуктивности растений винограда (B) [18–20] и т.д.

Всесторонне рассматривая и оценивая научные публикации, анализирующие важность биологической роли микроэлементов в физиологических процессах роста, формирования генеративных органов, устойчивости к действию абиотических факторов, нами была разработана программа изучения воздействия микроэлементов в составе специальных комплексных удобрений и микроудобрений, применяемых внекорневым способом, в ампелоценозах Черноморской зоны (Темрюкская подзона) Краснодарского края на черноземных почвах.

Целью исследований являлось выявление влияния агрохимикатов, содержащих хелатированные микроэлементы на ростовую и продуктивную

функцию растений винограда в ампелоценозах различных конструкций в рамках тематического задания НИР разработки методологии и эффективных методов управления устойчивостью и продукционным потенциалом ампелоценозов.

Материалы и методы исследования

Базой проведения экспериментов стали плодоносящие насаждения винограда в Темрюкской подзоне виноградарства (АФ «Кубань») Краснодарского края. Объекты исследований – сорта винограда Молдова, Августин. В полевых опытах были использованы соответствующие экологическим нормам безбалластные, бесхлорные специальные агрохимикаты следующих составов (%): комплекс на основе монокалийфосфата (KH_2PO_4) и лимонной кислоты (регистрационное наименование «Нутривант», P40K25Mg2B2), содержащий прилипатель фертивант, в сочетании с борным микроудобрением, содержащим бор в органической форме (регистрационное наименование «Бороплюс», B15, жидкая препаративная форма); хелатированный ЭДТА минеральный комплекс (регистрационное наименование «Плантафол», $\text{N20P20K20+MЭ B0,02 Fe0,01 Mn0,05 Zn0,05 Cu0,05}$), содержащий ПАВ – прилипатель и адьюванты. Водные рабочие растворы агрохимикатов готовили на стационарных растворных узлах агропредприятий в соответствии с общепринятой операционной технологией непосредственно перед применением.

Схемы полевых опытов были разработаны согласно методическим рекомендациям Б.А. Доспехова [21], а также методическому и аналитическому руководству проведения исследований, разработанному в СКФНЦСВВ [22]. Рабочие таблицы, рисунки, математические расчеты выполнены с помощью программы MS Excel.

Результаты и их обсуждение

Закладка полевых опытов в течение трех лет (2017–2019 гг.) проводилась по схеме: вариант 1 – контрольный вариант, без применения агрохимикатов (обработка растений водой); вариант 2 – питательный комплекс на основе монокалийфосфата (KH_2PO_4) и лимонной кислоты (3 кг/га) + микроудобрение, содержащее бор в органической форме (1 л/га); вариант 3 – хелатированный ЭДТА минеральный комплекс, содержащий макро- мезо и микроэлементы (3 кг/га). Обработки растений водными питательными растворами проводили при нормировании кустов побегами: 20, 25 и 30 шт. на один куст.

Усиление борного питания во втором варианте связано с биологической ролью микроэлемента в регуляции окислительно-восстановительных

процессов, активации апикальных меристем (модуляция ауксиновых и цитокининовых реакций), обеспечения оттока ассимилятов из листьев в корни, формирующиеся и растущие ягоды и другие органы растений, усилении притока углеводов к репродуктивным органам, а также участии в процессе оплодотворения цветков.

Подкормки винограда питательными растворами осуществляли трехкратно, руководствуясь биологическими требованиями растений в период вегетации с учетом фаз циклического роста: весной, после начала сокодвижения, активации первичного роста побегов и развития зачатков соцветий для нормализации последовательности процесса цветения, предотвращения избыточного осыпания цветков и завязей на фоне нестабильных погодных условий; в период интенсивного роста ягод, достижения ягоды размера горошины и усиления потребности растений в минеральном питании; на этапе созревания ягоды, в фазу резкого изменения в окраске, увеличения массы и плотности грозди, формирования баланса химического состава ягод.

Исследуя биологический аспект применения агрохимикатов, анализировали интенсивность роста активных корней винограда, тесно коррелирующую с ростом и продуктивностью надземной части растений. Установлено, что на фоне внекорневых подкормок растений винограда сорта Августин питательным комплексом на основе $(\text{KН}_2\text{PО}_4)$ +бор количество корешков диаметром менее 1 мм и 1–3 мм на 1 м² вертикального почвенного среза превышало показатели в контрольном варианте соответственно на 17,5 и 17,8 % и составляло 142 и 53 шт. При обработке растений хелатированным ЭДТА минеральным комплексом, содержащим макро-, мезо и микроэлементы превышение количества корешков диаметром менее 1 мм и 1–3 мм над количеством активных корней у винограда в контрольном варианте составляло соответственно 14,9 и 20,0 %. Тенденция сохранялась при применении внекорневых подкормок растворами минеральных удобрений растений винограда сорта Молдова: питательный

Таблица 1. Суммарное количество различных групп корней (от <1 до >10 мм) в 1 м² почвенного среза (средние данные за трехлетний период исследований), шт.

Table 1. Total number of different root groups (from <1 to >10 mm) per 1 m² of soil section (average data for a three-year study period), pcs.

Вариант	Сорт винограда Августин		Сорт винограда Молдова	
	общее количество корней	% к контролю	общее количество корней	% к контролю
Контрольный вариант, без применения агрохимикатов	207	–	201	–
Комплекс на основе монокалийфосфата + микроудобрение, содержащее бор в органической форме	248	119,8	241	119,9
Хелатированный ЭДТА минеральный комплекс с МЭ	240	115,9	237	117,9
НСР _{0,05}	9,68		4,01	

Таблица 2. Количество активных корней и суммарное количество различных групп корней (от <1 до >10 мм) в 1 м² почвенного среза в зависимости от состава удобрения (средние данные за трехлетний период исследований), шт.

Table 2. The number of active roots and total number of different root groups (from <1 to >10 mm) per 1 m² of soil section in accordance with the formulation of fertilizer (average data for a three-year study period), pcs.

Вариант	Сорт винограда Августин			Сорт винограда Молдова		
	общее количество корней	< 1 мм	1–3 мм	общее количество корней	< 1 мм	1–3 мм
Комплекс на основе монокалийфосфата	230	132	49	224	126	48
Комплекс на основе монокалийфосфата + микроудобрение, содержащее бор в органической форме	248	142	53	241	138	51
НСР _{0,05}	13,02	9,86	4,20	7,03	8,28	4,17

комплекс на основе $(\text{KН}_2\text{PО}_4)$ +бор обеспечивал увеличение количества корешков диаметром менее 1 мм и 1–3 мм на 1 м² вертикального почвенного среза соответственно на 20,0 и 30,8 %, а минеральный комплекс, содержащий макро-, мезо и микроэлементы – на 18,3 и 28,2 %.

Анализировали также общую численность поглощающих и проводящих корней диаметром от 1 до 10 мм на 1 м² вертикального почвенного среза (табл. 1). В производственном опыте сравнивали эффективность действия комплекса на основе монокалийфосфата $(\text{KН}_2\text{PО}_4)$ без борного удобрения и совместного применения комплекса на основе монокалийфосфата с борным микроудобрением на процесс корнеобразования (табл. 2).

Результаты исследований выявили эффект ак-

Таблица 3. Продуктивность побегов винограда в зависимости от применяемых агрохимикатов, нагрузки кустов побегами и силе роста побегов**Table 3.** Productivity of grape shoots in accordance with the agrochemicals used, bush load and growth vigor

Вариант	Сорт винограда Августин			Сорт винограда Молдова		
	побеги длиной			побеги длиной		
	< 50 см, кг/куст	50–100 см, кг/куст	101–150 см и выше, кг/куст	< 50 см, кг/куст	50–100 см, кг/куст	101–150 см и выше, кг/куст
20 побегов на один куст						
Контрольный вариант, без применения агрохимикатов	1,0	3,6	2,0	1,5	4,5	2,9
Комплекс на основе монокалийфосфата + микроудобрение, содержащее бор в органической форме	1,4	4,4	2,6	1,2	5,4	4,0
Хелатированный ЭДТА минеральный комплекс с МЭ	1,0	4,2	3,2	1,4	5,3	3,9
25 побегов на один куст						
Контрольный вариант, без применения агрохимикатов	1,2	4,4	2,1	1,3	5,0	3,2
Комплекс на основе монокалийфосфата + микроудобрение, содержащее бор в органической форме	1,4	5,3	2,9	1,6	6,2	3,9
Хелатированный ЭДТА минеральный комплекс с МЭ	1,1	5,2	3,0	1,7	6,6	4,9
30 побегов на один куст						
Контрольный вариант, без применения агрохимикатов	1,1	4,4	2,3	1,3	5,0	3,2
Комплекс на основе монокалийфосфата + микроудобрение, содержащее бор в органической форме	1,5	5,8	3,0	1,6	6,2	3,9
Хелатированный ЭДТА минеральный комплекс с МЭ	1,3	5,4	4,0	1,7	6,6	4,9

тивного участия вносимых в составе агрохимикатов микроэлементов (варианты 2 и 3) в организации ростовых процессов у винограда сортов Августин и Молдова. Применяемые внекорневым способом удобрения способствовали активации меристемы корня и образованию поглощающей фракции корней, снабжая активно делящиеся клетки энергетическими и пищевыми ресурсами.

На этом фоне анализировали продуктивность надземной части растений винограда при различной нагрузке побегами, ранжируя побеги по силе роста (табл. 3).

Таким образом, судя по результатам агробиологических учетов, применяемые внекорневым способом агрохимикаты, содержащие в своем составе микроэлементы, стимулировали продуктивность побегов всех категорий рослости, при этом преимущественно нагрузка урожаем возрастала у побегов длиной от 50 до 150 см и выше. Гипотетически можно предположить рост продуктивности побега во взаимосвязи с активацией ассимиляционной деятельности листового аппарата, регуляцией состава энергетического метаболизма, направления транспорта и использования ассимилятов на рост и развитие питающих, проводящих, репродуктивных и других органов растения. При этом можно также рассматривать активацию деятельности листового аппарата как результат

развития меристематических клеток листа, вызванного действием агрохимикатов. Данное предположение было подтверждено измерениями площади листовой поверхности в расчете на один побег при различной нагрузке кустов побегами. У винограда сорта Молдова на контроле суммарная площадь листьев у побегов различной силы роста в среднем составила 0,43 (20 побегов на один куст), 0,45 (25 побегов на один куст) и 0,48 м² (30 побегов на куст). В варианте с внекорневыми обработками растений минеральным комплексом на основе монокалийфосфата показатель составлял соответственно 0,44, 0,47 и 0,52 м², а на фоне применения минерального комплекса с микроэлементами – 0,47, 0,49 и 0,51 м². У винограда сорта Августин суммарная площадь листьев одного побега на контроле была несколько ниже и составляла в среднем по всем категориям побегов (слабые, средней силы роста, сильные) 0,38 (20 побегов на один куст), 0,40 (25 побегов на один куст) и 0,41 м² (30 побегов на куст). Питательные водные растворы удобрений обеспечили рост данного показателя в среднем соответственно на 7,9, 5,0 и 4,9%. При различной нагрузке куста винограда побегами влияющая на фотосинтетическую активность площадь листовой пластинки в вариантах с внекорневыми обработками растений питательными растворами удобрений превышала показатель

контрольного варианта, подтверждая взаимосвязь биологических процессов роста, фотосинтеза и продуктивности растений, как интегрального показателя интенсивности их протекания, а также подтверждая важную роль микроэлементов в регулировании биологических процессов формирования урожая. Расчетным методом было установлено значительное превышения показателей продуктивности побегов под действием удобрений, содержащих микроэлементы (табл. 4).

В связи с применением внекорневых подкормок винограда были исследованы важные качественные характеристики урожая столовых сортов Августин и Молдова и проведены учеты хозяйственной продуктивности растений. Статистическая обработка данных урожайности винограда выявила существенное увеличение показателя в вариантах с использованием комплекса удобрений различных составов в сравнении с контрольным вариантом (табл. 5). Выход товарного урожая в вариантах с применением минеральных комплексов внекорневым способом составлял в среднем 91,5–92,6 % (комплекс на основе монокалийфосфата+бор в органической форме) и 91,3–95,5 % (удобрение «Плантафол»). В контрольном варианте показатель не превысил значений 76,3–85,2 %.

Выводы

Возможность управления продукционными процессами растений винограда с использованием агрохимикатов различных составов, содержащих физиологически активные микроэлементы, основана на биологических особенностях культуры. На основании проведенных биологических исследований в ампелоценозе Черноморской зоны виноградарства установлено существенное воздействие удобрений, применяемых внекорневым

Таблица 4. Показатели продуктивности побегов винограда в связи с применением внекорневых подкормок агрохимикатами (средние данные за период исследований)

Table 4. Productivity indicators of grape shoots in accordance with the use of foliar agrochemical fertilizers (average data for the research period)

Показатели продуктивности сорта	Контрольный вариант, без применения агрохимикатов	Комплекс на основе монокалийфосфата + микроудобрение, содержащее бор в органической форме	Хелатированный ЭДТА минеральный комплекс с МЭ
Коэффициент плодородия (K_1)	1,04–1,10	1,22–1,29	1,16–1,29
Коэффициент плодородности (K_2)	1,24–1,35	1,32–1,50	1,37–1,50
сорт винограда Молдова			
Коэффициент плодородия (K_1)	1,08–1,16	1,16–1,24	1,27–1,33
Коэффициент плодородности (K_2)	1,28–1,33	1,35–1,37	1,42–1,48

Таблица 5. Качественные характеристики и хозяйственная продуктивность винограда при различной нагрузке кустов побегами

Table 5. Quality characteristics and economic productivity of grapes under different bush loads with shoots

Показатели качества и выход товарного винограда	Контрольный вариант, без применения агрохимикатов	Комплекс на основе монокалийфосфата + микроудобрение, содержащее бор в органической форме	Хелатированный ЭДТА минеральный комплекс с МЭ	нагрузка - количество побегов на один куст								
				20			25			30		
				20	25	30	20	25	30	20	25	30
сорт винограда Августин												
Масса 100 ягод, г	358,2	357,2	353,8	430,2	419,0	379,3	480,6	377,8	369,3			
Количество разнокачественных ягод в грозди, шт.												
	нормально развитых;	314,9	305,8	300,7	402,2	390,5	353,1	457,1	353,6	337,5		
горошащихся и больших	43,3	51,4	53,1	28,0	28,5	26,2	23,5	24,2	31,8			
Хозяйственная продуктивность, т/га	7,7	8,3	8,9	10,5	11,9	12,8	10,7	12,6	13,1			
НСР _{0,05}	–	–	–	0,55	0,86	0,30	0,52	0,75	0,33			
сорт винограда Молдова												
Масса 100 ягод, г	377,7	363,7	345,6	524,2	463,2	444,4	491,2	430,0	385,0			
Количество разнокачественных ягод в грозди, шт.												
	нормально развитых;	321,8	295,3	263,7	485,4	423,8	410,6	468,1	393,5	351,5		
горошащихся и больших	55,9	68,4	81,9	38,8	49,4	33,8	23,1	36,6	33,5			
Хозяйственная продуктивность, т/га	7,6	7,8	8,3	9,8	10,9	12,4	10,1	12,1	12,9			
НСР _{0,05}	–	–	–	0,96	0,49	0,51	0,43	0,64	0,26			

методом на интенсивность корнеобразования: фракцию активных корней и общую численность корней у винограда сортов Августин и Молдова. Определена сопряженность активности корнеобразования с физиологическими процессами роста площади ассимилирующей листовой поверхности и продуктивности побегов. Статистически подтвержден рост продуктивности растений на фоне внекорневых подкормок при различном уровне нагрузки кустов побегами.

Источник финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания НИР № 221040700125-8.

Financing source

The work was conducted within the framework of public assignment No. 221040700125-8.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы / References

- Егоров Е.А., Петров В.С. Создание устойчивых саморегулирующихся агроценозов винограда в условиях умеренно-континентального климата юга России // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2017;5:51-54.
Egorov E.A., Petrov V.S. Creation of the sustainable self-regulating grapes agrocenoses in the temperate continental climate conditions of the Russian's south. Vestnik of the Russian Agricultural Science. 2017;5:51-54 (in Russian).
- Петров В.С., Фисюра А.В., Мarmorштейн А.А. Биологический метод управления продуктивностью орошаемого винограда сорта Ливия // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022;2(66):62-71. DOI 10.32786/2071-9485-2022-02-07.
Petrov V.S., Fisyura A.V., Marmorshstein A.A. Biological method of productivity management of irrigated grape variety 'Livia'. Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2022;2(66):62-71. DOI 10.32786/2071-9485-2022-02-07 (in Russian).
- Волынкин В.А., Лиховской В.В., Зленко В.А., Олейников Н.П., Полулях А.А., Левченко С.В., Васылык И.А. Генетико-физиологическое и ботаническое исследование естественной и экспериментальной эволюции культуры винограда семейства Vitaceae // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2015;3:9-13.
Volynkin V.A., Likhovskoi V.V., Zlenko V.A., Oleinikov N.P., Poluliakh A.A., Levchenko S.V., Vasylyk I.A. A genetical-physiological and botanical study of natural and experiment evolution of grapevine (family Vitaceae). Magarach. Viticulture and Winemaking. 2015;3:9-13 (in Russian).
- Серпуховитина К.А., Худавердов Э.Н. Эффективность удобрений и продуктивность винограда в связи с агротехническими условиями // Обеспечение устойчивого производства виноградовинодельческой отрасли на основе современных достижений науки. 2010:19-21.
Serpukhovitina K.A., Khudaverdov E.N. The effectiveness of fertilizers and grape productivity in connection with agrotechnical conditions. Ensuring Sustainable Production of Grapegrowing Industry based on Modern Scientific Achievements. 2010:19-21 (in Russian).
- Серпуховитина К.А., Красильников А.А., Руссо Д.Э., Худавердов Э.Н. Рост, развитие и продуктивность сортов при системной удобрении виноградников // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2014;26(2):119-141.
Serpukhovitina K.A., Krasilnikov A.A., Russo D.E., Khudaverdov E.N. Growth, development and productivity of varieties with systemic fertilizer of vineyards. Fruit Growing and Viticulture of South Russia. 2014;26(2):119-141 (in Russian).
- Mpelasoka B.S., Schachtman D.P., Treeby M.T., Thomas M.R. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. Australian Journal of Grape and Wine Research. 2003;9(3):154-168. DOI 10.1111/j.1755-0238.2003.tb00265.x.
- Havlin J.L., Austin R., Hardy D., Howard A., Heitman J.L. Nutrient management effects on wine grape tissue nutrient content. Plants. 2022;11(2):158. DOI 10.3390/plants11020158.
- Fu X., Chen X., Chen Y., Hui Y., Wang R., Wang Y. Foliar co-applications of nitrogen and iron on vines at different developmental stages impacts wine grape (*Vitis vinifera* L.) composition. Plants. 2024;13(16):2203. DOI 10.3390/plants13162203.
- Rogiers S.Y., Greer D.H., Hatfield J.M., Orchard B.A. Mineral sinks within ripening grape berries (*Vitis vinifera* L.). Vitis -Geilweilerhof. 2006;45(3):115-123.
- Mir H., Shah A.M., Wani S.M., Manzoor T., Banday S. Temporal variations in nutrient content of grape petioles and berries during the growing season: insights into macronutrients and micronutrients source to sink dynamics. AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 2023;54:15617-15630.
- Richardson J.B., Chase J.K. Transfer of macronutrients, micronutrients, and toxic elements from soil to grapes to white wines in uncontaminated vineyards. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021;18(24):13271. DOI 10.3390/ijerph182413271.
- Ma J., Zhang M., Liu Z., Chen H., Li Y.C., Sun Y., Ma Q. Effects of foliar application of the mixture of copper and chelated iron on the yield, quality, photosynthesis, and microelement concentration of table grapes (*Vitis vinifera* L.). Scientia Horticulturae. 2019;254:106-115. DOI 10.1016/j.scienta.2019.04.075.
- Cuq S., Lemetter V., Kleiber D. Assessing macro- (P, K, Ca, Mg) and micronutrient (Mn, Fe, Cu, Zn, B) concentration in vine leaves and grape berries of

- Vitis vinifera* by using near-infrared spectroscopy and chemometrics. Computers and Electronics in Agriculture. 2020;179:105841. DOI 10.1016/j.compag.2020.105841.
14. Wang X., Shao X., Zhang Z., Zhong X., Ji X., Shi X., Liu C., Wang Z., Liu F., Wang H. Multi-nutrient fertilization-based analysis of fruit quality and mineral elements composition during fruit development in Merlot. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2023;32:1-17. DOI 10.21203/rs.3.rs-2853546/v1.
 15. Mtanda A., Mwamahonje A., Massawe C. Integrated use of organic and inorganic fertilizer in grape (*Vitis vinifera*) production. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi. 2024;17(1):1-17.
 16. Mohebbi H., Ebadi A., Taheri M., Zarabi M., Bihamta M.R. The effect of different levels of foliar application of zinc, iron, and manganese micronutrients on reproductive characteristics and yield of *Vitis vinifera* grapes in some vineyards of Zanjan province. Journal of Horticultural Science. 2022;36(2):443-457. DOI 10.22067/jhs.2021.71776.1078.
 17. Baron A., Baron D., Souza E., Moreira L., Ono E., Domingos R. Effects of the plant growth regulators, cobalt and molybdenum on the physiology of 'Crimson Seedless' grapevines. Acta Physiologiae Plantarum. 2022;44(6):63. DOI 10.1007/s11738-022-03394-7.
 18. Er F., Akin A., Kara M. The effect of different ways and dosages of boron application on Black Dimrit (*Vitis vinifera* L.) grape's yield and quality. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2011;17(4):544-550.
 19. Güneş A., Köse C., Turan M. Yield and mineral composition of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Karaerik) as affected by boron management. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2015;39(5):742-752. DOI 10.3906/tar-1412-13.
 20. Радчевский П.П., Матузок Н.В., Базоян С.С. Влияние некорневой подкормки минеральными удобрениями нового поколения на агробиологические и технологические показатели винограда сорта Шардоне // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016;115(01):665-690. Radchevsky P.P., Matuzok N.V., Bazoyan S.S. Influence of a foliar spraying with new-generation mineral fertilizers on agrobiological and technological indicators of Chardonnay grapes. Polythematic Online Scientific Journal of KubSAU. 2016;115(01):665-690 (in Russian).
 21. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс. 2014:1-352. Dospikhov B.A. Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results. М.: Alliance. 2014:1-352 (in Russian).
 22. Петров В.С., Алейникова Г.Ю., Марморштейн А.А. Методы исследований в виноградарстве. Краснодар: СКФНЦСВВ. 2021:1-147. Petrov V.S., Aleynikova G.Yu., Marmorshtein A.A. Research methods in viticulture. Krasnodar: NCFSCHVW. 2021:1-147 (in Russian).

Информация об авторе

Дмитрий Эдуардович Руссо, канд. с.-х. наук, и.о. директора; e-мэйл: dmitriyrusso@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1197-0232>.

Information about the author

Dmitry E. Russo, Cand. Agric. Sci., Interim Director; e-mail: dmitriyrusso@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1197-0232>.

Статья поступила в редакцию 24.03.2025, одобрена после рецензии 13.05.2025, принята к публикации 20.05.2025.