

Агроэкологические аспекты применения удобрений на основе дигестата в ампелоценозе

Красильников А.А.[✉], Руссо Д.Э.

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

[✉]akrasilnikov@yandex.ru

Аннотация. Изложенные в статье результаты изучения эффективности в ампелоценозе биоорганического преобразованного дигестата, полученного в результате анаэробного сбраживания отходов молочной промышленности в биогазовой установке, были проведены методом полевого опыта в условиях Черноморской зоны Краснодарского края (ООО «Абрау-Дюрсо», г. Новороссийск). Актуальность научно-исследовательских работ обусловлена задачей решения проблемы экологизации и биологизации интенсификационных процессов в отрасли виноградарства на фоне растущей химической нагрузки на почву и растения. Новизна исследования связана с использованием в системе удобрения винограда вторичных ресурсов промышленного и сельскохозяйственного производства различного происхождения, подвергнутых переработке, обеззараживанию, обогащению, стабилизации. Комплексный биоорганический препарат на основе дигестата, применяемый некорневым способом перед цветением винограда и в период роста ягод в дозе 0,5 и 1,0 л/га, представляет собой жидкий биоконцентрат, содержащий в своем составе преимущественно гуминовые и фульвокислоты, комплекс макро- и микроудобрений, фитогормонов (микроколичества), регуляторов роста, штаммы живых ризосферных почвенных микроорганизмов, аминокислоты. В результате исследований установлено, что в сравнении с контрольным вариантом препарат обеспечивал более высокий уровень нарастания вегетативной массы растений винограда, водоудерживающей способности листьев в летний период, ассимиляционной и метаболической активности. Установлен существенный рост урожайности на фоне применения биоудобрения, а также улучшение товарных характеристик винограда сортов Мерло и Каберне Совиньон. В среднем за период исследований данная технология обеспечила прибыль от продаж в размере 695,6 тыс. руб./га (сорт Мерло) и 664,6 тыс. руб./га (сорт Каберне Совиньон), что выше в сравнении с контрольным вариантом на 35 и 31,2 % при рентабельности производства 62,6 % и 60,9 % соответственно.

Ключевые слова: виноградарство; биологизация агропроизводства; удобрение-дигестат; некорневые обработки; продуктивность.

Для цитирования: Красильников А.А., Руссо Д.Э. Агроэкологические аспекты применения удобрений на основе дигестата в ампелоценозе // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):342-348. EDN DFWBEU.

ORIGINAL RESEARCH

Agroecological aspects of the application of digestate-based fertilizers in ampelocenosis

Krasilnikov A.A.[✉], Russo D.E.

North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making, Krasnodar, Russia

[✉]akrasilnikov@yandex.ru

Abstract. The results of studying the efficiency in ampelocenosis of bioorganic transformed digestate obtained as a result of anaerobic digestion of dairy industry waste in a biogas plant were carried out by field experiment in the conditions of Black Sea zone of the Krasnodar Territory (Abrau-Durso LLC, Novorossiysk). The relevance of scientific research is determined by the task of solving the problem of ecologization and biologization of intensification processes in viticulture against the background of growing chemical load on soils and plants. The research novelty is associated with the use of secondary resources of industrial and agricultural production of various origins in grape fertilization system, subjected to processing, disinfection, enrichment, stabilization. A complex bioorganic preparation based on digestate, used as a foliar top dressing before grape flowering and during berry growth at a dose of 0.5 and 1.0 l/ha, is a liquid bioconcentrate containing mainly humic and fulvic acids, a complex of macro- and micro-fertilizers, phytohormones (micro quantities), growth regulators, strains of living rhizosphere soil microorganisms, amino acids. As a research result, it was found that the preparation, in comparison with the control variant, provided a higher level of increase in the vegetative mass of grape plants, water-retaining ability of leaves in the summer, assimilation and metabolic activity. A significant increase in cropping capacity was established against the background of the use of biofertilizer, as well as an improvement in the commercial characteristics of 'Merlot' and 'Cabernet Sauvignon' grape varieties. This technology provided an average sales profit of 695.6 thousand rubles/ha during the research period, which is 35% higher compared to the control variant with a production margin of 62.6% ('Merlot' variety), and 664.6 thousand rubles/ha (31.2% higher than in the control) with a production margin of 60.9% ('Cabernet Sauvignon' variety).

Key words: viticulture; biologization of agricultural production; digestate-based fertilizer; foliar top dressing; productivity.

For citation: Krasilnikov A.A., Russo D.E. Agroecological aspects of the application of digestate-based fertilizers in ampelocenosis. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):342-348. EDN DFWBEU (in Russian).

Введение

Одним из основных способов снижения химической нагрузки на почву и растения в сфере агропроизводства является биологизация системы удобрения сельскохозяйственных культур. Актуальность агро-

номической концепции биологизации технологической схемы применения агрохимикатов и пестицидов основана на почвенных изысканиях ученых и анализе агроэкологической устойчивости ампелоценозов, выявивших целый ряд взаимосвязанных проблем, вызванных ухудшением целостности почвенной системы с экологической точки зрения [1–3]. Установлено, что в условиях монокультуры имеет место нако-

пительный эффект ежегодного несбалансированного воздействия агрохимикатов, негативно влияющий на биоразнообразие почвенного покрова, уровень содержания тяжелых металлов, супрессивность почв. В то же время использование различных составов биоминеральных, биомодифицированных и биологических удобрений пролонгированного действия создает условия для усиления энергетического потенциала почв виноградников, оптимизации режима питания растений и повышения их продуктивности, а способ некорневой обработки растений водными растворами препаратов позволяет значительно снизить нагрузку на почву, оптимизировать режим питания растений в критические периоды сезонного развития. Так, системные обработки растений винограда хелатированными удобрениями из океанических водородослей способствовали увеличению стандартной продукции, массовой концентрации сахаров в ягодах и общей дегустационной оценки [4]; применение некорневым методом лигногумата обеспечивало увеличение урожайности растений и массы грозди [5]; использование микробных препаратов на основе эффективных микроорганизмов на фоне задержания почвы междурядий способствовало увеличению количества полезных бактерий в ризосфере винограда в сравнении с контрольным вариантом (без инокуляции) в среднем в 1,3 раза [6].

Менее изученным и распространенным является прием использования в качестве органического удобрения шламов промышленного и сельскохозяйственного производства различного происхождения, подвергнутых переработке, обеззараживанию, обогащению, стабилизации. Полученные с помощью биотехнологий (в том числе биогазовой технологии), удобрения из различного растительного сырья и отходов животноводства, шламов очистных сооружений характеризуются, по мнению ученых, высоким содержанием органических и минеральных соединений, способствуют одновременно решению проблемы снижения экологической нагрузки в районах расположения отраслевых агропромышленных предприятий, сокращению выбросов парниковых газов, обеспечению нужд предприятий электрической и тепловой энергией, эффективным управлением дигестата и его превращением в высококачественное экологически чистое органическое удобрение [7–15]. С целью получения достоверной, научно-обоснованной информации об эффективности в ампелоценозе биоорганического преобразованного дигестата, полученного в результате анаэробного сбраживания отходов молочной промышленности в биогазовой установке, были проведены полевые опыты в условиях Черноморской зоны Краснодарского края.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования были выполнены в 2022–2023 гг. (в 2021 г. проводилось почвенно-агрохимическое обследование участка полевого опыта, разработка программы НИР, обследование состояния насаждений, выбор учетных растений). Методической основой для планирования эксперимента,

закладки полевых опытов в границах промышленных насаждений винограда ООО «Абрау-Дюрсо» (г. Новороссийск) и агробиологических учетов послужили соответствующие рекомендации, разработанные в ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» [16]. Достоверность результатов экспериментальных исследований (однофакторный полевой опыт) подтверждена с помощью метода статистической обработки данных наблюдений, рекомендованного Б.А. Доспеховым [17]. Анализ растений выполнен с помощью метода капиллярного электрофореза [18]. Рабочие таблицы, рисунки, математические расчеты выполнены с помощью программы MS Excel.

Объектами исследований были плодоносящие насаждения винограда технических сортов Мерло (2022–2023 гг.) и Каберне Совиньон (2023 г.). Растения сформированы по системе «одноплечий горизонтальный кордон» при схеме размещения 3 × 1,5 м. Агротехника ухода за насаждениями общепринятая, все работы выполняются в оптимальные сроки, состояние насаждений удовлетворительное.

Рельеф территории горный, с крутыми и пологими склонами. Высота водоразделов над уровнем моря 300–800 м, крутизна склонов достигает 12–15–25.

Дерново-карбонатная почва опытных участков характеризуется однородностью агрохимических показателей: в слое почвы 0–50 см содержание гумуса – 2,75–2,87 %, подвижного фосфора – 22–30 мг/кг, обменного калия – 112–122 мг/кг, азота нитратов – 23–28 мг/кг, актуальная кислотность – в пределах значений 7,79–8,11. Имеет место наличие водорастворимых солей преимущественно группы труднорастворимых безвредных, а также незначительные количества сульфата кальция. Содержание щелочных солей, в том числе вредных щелочных, не превышает допустимые нормы для винограда. Вредные нейтральные соли, хлориды также выявлены в минимальных количествах в границах всего насаждения.

Благоприятный для культуры винограда мягкий, теплый климат региона имеет ряд особенностей: район г. Новороссийска открыт ветрам, в последние годы отмечается устойчивая тенденция дефицита влаги в период наиболее активного роста ягод винограда, а также периодическое продолжительное в течение 3–5 дней понижение температуры воздуха до –3 и –7 °С в ранневесенний период начала вегетации винограда, значительные перепады температуры в позднелетний и весенний периоды.

Используемый в опыте биоорганический комплексный препарат на основе дигестата произведен компанией в составе биотехнологического кластера Новосибирской области и представляет собой жидкий биоконцентрат, содержащий в своем составе преимущественно гуминовые и фульвокислоты, комплекс макро- и микроэлементов, фитогормонов (микроколичества), регуляторов роста, штаммы живых ризосферных почвенных микроорганизмов, аминокислоты. Препарат полностью органического происхождения изготовлен при помощи экологически

безопасной технологии, основанной на биологических процессах в биореакторе, не токсичен, не содержит тяжелых металлов, соответствует требованиям ГОСТ 33380-2015, предназначен для применения в системе органического и биологизированного земледелия на основе международных стандартов органического сельского хозяйства (Биологические удобрения, имеющие подтверждение для использования в органическом сельском хозяйстве без госрегистрации). Обработки растений винограда водными растворами биоконцентрата проводили механизированным способом одновременно на всех делянках опыта в дозах 1,0 л/га, 0,5 л/га (2022 г.) и 0,5 л/га (2023 г.) (контрольный вариант – обработки водой): I тур обработки – перед началом цветения; II тур обработки – период роста ягод (размер ягоды «горошина»).

Результаты и их обсуждение

Программой научных исследований эффективности биоорганического комплексного удобрения были предусмотрены следующие агроучеты и наблюдения: учет количества сформировавшихся на кусте плодородных побегов (при нормировании общего количества развившихся на кусте побегов в вариантах), количества соцветий на куст, отношение количества соцветий к общему числу развившихся побегов и приходящихся на один плодородный побег винограда, массы грозди, динамики изменения длины побегов, хозяйственной продуктивности растений.

В 2022 г. интенсивное выпадение атмосферных осадков в весенний период (75 мм в период апрель-май) стимулировало ростовую активность винограда сорта Мерло. Существенных различий показателя между вариантами в мае не было выявлено. Рост побегов в июле, августе и сентябре значительно превысил значение показателя в контрольном варианте (рис. 1).

В 2023 г. интенсивность нарастания вегетативной массы у винограда в мае была также высокой во всех вариантах опыта, что, вероятно, связано с достаточными запасами продуктивной влаги в метровом слое почвы. Тенденция более активного роста побегов у растений винограда сортов Мерло и Каберне Совиньон на фоне некорневых обработок сохранялась в летне-осенний период максимальной напряженности гидротермических факторов

(продолжительное отсутствие атмосферных осадков при температуре воздуха 33–36 °С).

Достоверные различия между вариантами по показателям количества плодородных побегов (ПП) и соцветий на куст отсутствовали (увеличение количественных значений показателей в пределах НСР). При этом в 2022 г. у винограда сорта Мерло коэффициент плодородности (K_1) в вариантах с применением биоудобрения в дозах 0,5 и 1,0 л/га был выше соответственно на 5,5 и 3,3 % в сравнении с контрольным вариантом, а коэффициент плодородности (K_2) – соответственно на 1,6 и 0,8 %. В 2023 г. у сорта винограда Мерло среднее число соцветий на один плодородный побег составило 1,26, а у сорта Каберне Совиньон – 1,24 при обработках растений водными растворами удобрения в дозе 0,5 л/га, что превысило значение показателя в контрольном варианте на 4,6–5,8 % (табл. 1).

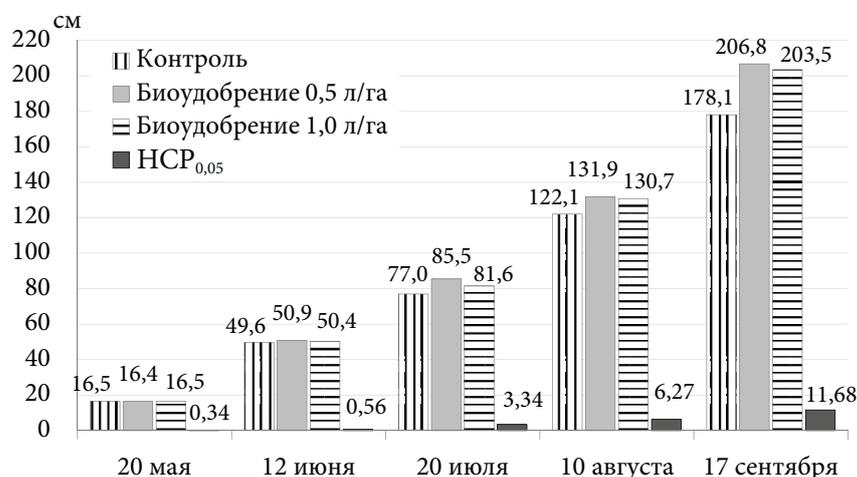


Рис. 1. Динамика роста побегов у растений винограда в зависимости от применения биоудобрения некорневым методом (ООО «Абрау-Дюрсо», сорт Мерло, 2022 г.)

Fig. 1. The dynamics of shoot growth in grape plants depending on the use of biofertilizer with foliar top dressing (Abrau-Durso LLC, 'Merlot' variety, 2022)

Таблица 1. Показатели плодородности побега

Table 1. Indicators of shoot fertility

Сорт	Вариант	2022 г.			2023 г.		
		количество		K_2	количество		K_2
		ПП, шт.	соцветий на куст, шт.		ПП, шт.	соцветий на куст, шт.	
Мерло	Контроль	27	33,7	1,21	27	32,6	1,20
	Обработки винограда биоудобрением						
	в дозе 0,5 л/г	28	34,5	1,23	28	35,3	1,26
	в дозе 1,0 л/г	27	34,3	1,22	-	-	-
	НСР _{0,05}	1,03	1,53		3,11	1,29	
Каберне Совиньон	Контроль	-	-	-	27	31,6	1,17
	Обработки винограда биоудобрением в дозе 0,5 л/г	-	-	-	28	34,6	1,24
	НСР _{0,05}				2,95	1,20	

В период исследований был проведен анализ физиологического состояния растений в летний период по показателям, характеризующим устойчивость винограда к абиотическим стрессам летнего периода, интенсивность синтетических и обменных процессов (анализировали индикаторные органы растения – листья средней части побега): содержание в листьях общей воды, свободной воды, водоудерживающая способность листьев (ВСЛ), содержание в листьях побегов зеленых пигментов, органических кислот, аминокислот, катионов.

Результаты анализа водного режима растений винограда сортов Мерло и Каберне Совиньон указывают на достаточную оводненность клеток листьев во всех вариантах опыта (табл. 2). Выявлены незначительные различия количества общей воды, зависящего от её поступления через корневую систему. При этом содержание свободной фракции воды в листьях выше у растений винограда сорта Мерло, обрабатываемых биоудобрением, на 38,6 % (2022 г.) и 17,9 %

Таблица 2. Содержание воды в листьях винограда в июле на фоне некорневых обработок биоудобрением на основе дигестата, %

Table 2. Water content in grape leaves in July against the background of foliar top dressing with digestate-based biofertilizer, %

Сорт	Вариант	2022 г.			2023 г.		
		общая вода	свобод. вода	ВСЛ	общая вода	свобод. вода	ВСЛ
Мерло	Контроль	74,8	7,0	21,1	80,3	11,7	47,7
	Обработки винограда биоудобрением в дозе 0,5 л/г	77,2	9,7	32,9	81,4	13,8	59,5
	НСР _{0,05}	1,28	2,39	1,40	0,85	1,34	1,64
Каберне Совиньон	Контроль	-	-	-	80,4	11,6	47,6
	Обработки винограда биоудобрением в дозе 0,5 л/г	-	-	-	81,0	11,9	49,2
	НСР _{0,05}	-	-	-	0,65	0,71	1,36

(2023 г.) в сравнении с вариантом «контроль», что позволяет предположить более высокий уровень активности биологических процессов. Более высокий уровень водообмена и устойчивости к негативным абиотическим факторам летнего периода предполагает оценку водоудерживающей способности листьев растений. Показатель ВСЛ у винограда сорта Мерло на фоне некорневых обработок стабильно превышал значения в контрольном варианте. Различия между вариантами по показателям водного режима у рас-

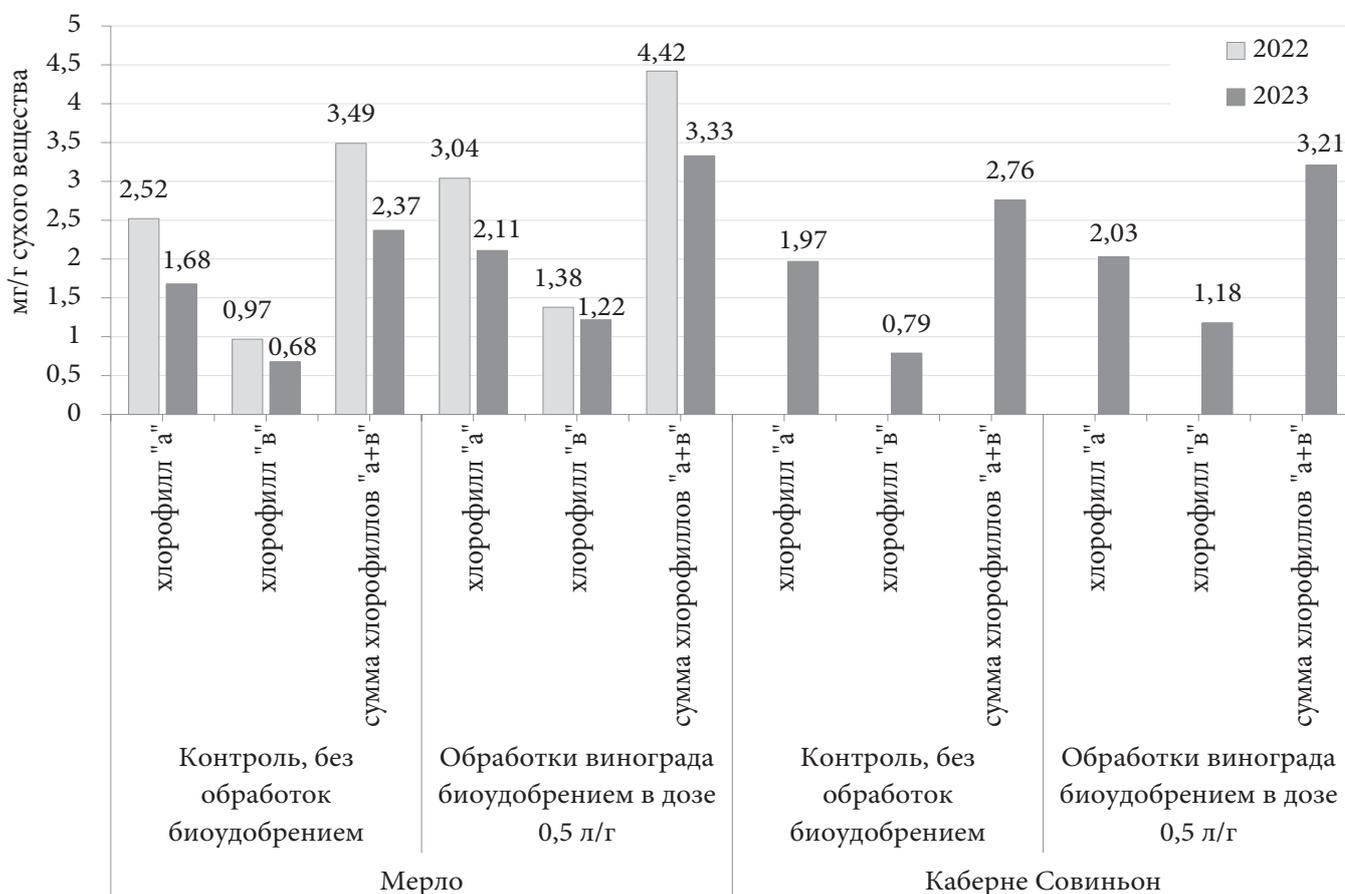


Рис. 2. Содержание хлорофиллов в листьях побегов винограда в июле в связи с некорневыми обработками растений биоудобрением

Fig. 2. The content of chlorophylls in the leaves of grape shoots in July due to foliar top dressing of plants with bio-fertilizer

тений винограда сорта Каберне Совиньон менее значимые. В результате статистической обработки данных была установлена довольно значимая линейная зависимость оводненности листьев от содержания в них катиона калия ($k=0,68-0,70$), количество которого на фоне некорневых обработок растений биоудобрением превышало значения показателя в контрольном варианте на 30–36 %.

В 2022–2023 гг. в июле и августе наблюдалась депрессия фотосинтеза у растений винограда на фоне дефицита влаги вследствие продолжительного отсутствия атмосферных осадков и высокой дневной температуры воздуха. В то же время пролонгированный характер действия биоудобрения способствовал более высокому содержанию зеленых пигментов в листьях побегов винограда (рис. 2).

Во второй декаде июля и в третьей декаде августа ежегодно анализировали содержание в листьях побегов физиологически активных органических кислот, фенольных соединений, легкоподвижной формы аминокислот. В результате химических анализов растительных образцов было установлено, что некорневые подкормки биоудобрением на основе дигестата оказали влияние на увеличение содержания в листьях важного метаболита – аскорбиновой кислоты, тесно связанной с ферментативной системой растений, участвующей в дыхательном газообмене ткани. Количество антиоксиданта в листьях растений винограда сортов Мерло и Каберне Совиньон возрастало в 2–4 раза в сравнении с вариантом «контроль», увеличивалось содержание винной кислоты более чем в 2 раза. Наиболее значительное влияние на содержание вторичных метаболитов в листьях некорневые подкормки оказали на растения винограда сорта Мерло. В 2022 г. содержание в листьях побегов яблочной кислоты увеличивалось в 3 раза, в 2023 г. – в 2 раза. У винограда сорта Каберне Совиньон в 2023 г. выявлено увеличение содержания винной и яблочной кислот в листьях под действием некорневых обработок на 38,1 и 80,0 % соответственно.

Ежегодно в августе наблюдалось увеличение в листьях винограда содержания фенольных соединений, косвенно подтверждающих повышение устойчивости к бактериальным и грибным заболеваниям, а также более интенсивное протекание процесса вызревания лозы. На фоне некорневых обработок биоудобрением наблюдалось некоторое увеличение в листьях свободных аминокислот: лейцина, валина, оказывающих влияние на ассимиляционную активность. Содержание осмопротектора пролина возрастало 1,5 раза и выше. Комплекс выявленных изменений метаболической активности растений свидетельствует о влиянии приема некорневой обработки на функциональное состояние винограда в неблагоприятных условиях среды, при этом специфика действия комплексного биоудобрения на основе дигестата заключается в пролонгированном действии на интенсивность обменных процессов.

Таблица 3. Хозяйственная продуктивность винограда на фоне некорневых обработок биоудобрением на основе дигестата
Table 3. Economic productivity of grapes against the background of foliar top dressing with digestate-based biofertilizer

Сорт	Вариант	Урожайность			
		2022 г.		2023 г.	
		с куста, кг	с 1 га, т	с куста, кг	с 1 га, т
Мерло	Контроль	4,7	10,33	5,3	11,78
	Обработки винограда биоудобрением				
	в дозе 1,0 л/г	5,2	11,44	-	-
	в дозе 0,5 л/г	5,2	11,50	6,8	15,11
	НСР _{0,05}	0,31	1,17	0,61	1,25
Каберне Совиньон	Контроль			4,9	10,89
	Обработки винограда биоудобрением в дозе 0,5 л/га	-	-	5,8	12,91
	НСР _{0,05}			0,25	1,10

Учеты фактической урожайности винограда, проведенные в период уборки в 2002–2023 гг., позволили установить преимущество варианта с некорневыми обработками растений комплексным биоудобрением (табл. 3).

Анализируя ежегодно в полевых условиях массу грозди винограда, как одного из основных показателей, характеризующих продуктивность растений, установили положительное влияние приема некорневой обработки: в 2022 г. средняя масса грозди винограда сорта Мерло была выше, чем в контрольном варианте на 8,7 % (доза удобрения – 0,5 л/га) и 8,9 % (доза удобрения – 1,0 л/га), в 2023 г. – выше на 23,5 % (доза удобрения – 0,5 л/га); масса грозди винограда сорта Каберне Совиньон в 2023 г. – выше на 7,3 % (доза удобрения – 0,5 л/га). По данным визуальных наблюдений в динамике преимущество формировалось в период развития грозди от начала созревания винограда до остановки физического роста ягод, достижения технической и полной зрелости за счет более плотного расположения ягод в грозди.

Существенный рост урожайности на фоне применения биоудобрения и более высокие товарные качества винограда сорта Мерло обеспечили в среднем за 2022–2023 гг. прибыль от продаж в размере 695,6 тыс. руб./га, что на 35 % выше в сравнении с контрольным вариантом при рентабельности производства 62,6 % (52,2 % в контрольном варианте). Прибыль от продаж винограда сорта Каберне Совиньон составила в 2023 г. 664,6 тыс. руб./га (на 31,2 % выше, чем на контроле) при рентабельности производства 60,9 % (51,9 % в контрольном варианте).

Выводы

На основании проведенных исследований по изучению эффективности в ампелоценозе биоорганического преобразованного дигестата, полученного в результате анаэробного сбраживания отходов молоч-

ной промышленности в биогазовой установке, можно рассматривать некорневое применение препарата, как способ оптимизации условий возделывания культуры винограда, повышения устойчивости растений на фоне негативного действия физических факторов летнего периода, активации ассимиляционных и метаболических процессов, повышения урожайности и товарного качества получаемой продукции. Системное использование в условиях региона комплексного биоудобрения в ампелоценозе для снижения химической нагрузки на почву и растения за счет рационального применения физиологически активного органического препарата, увеличения объема доступных органических веществ и предоставления долговременного источника питательных веществ, сокращения использования синтетических агрохимикатов, можно также рассматривать как специальный прием биологизированного агропроизводства, обладающего достаточно высокой биологической, экологической и экономической эффективностью.

Источник финансирования

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

Financing source

The work was conducted under public assignment No. 221040700125-8.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. Воробьева Т.Н., Петров В.С., Якуба Ю.Ф., Прах А.В., Нудьга Т.А., Филимонов М.А., Суржикова С.В. Закономерности агробиологического и эколого-токсикологического функционирования компонентов экосистемы ампелоценозов // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2015;7:195-201.
2. Воробьева Т.Н., Петров В.С., Ветер Ю.А. Биологизированные методы управления плодородием почвы интенсивных виноградников // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2016;11:84-88.
3. Mirzaei M., Marofi S., Solgi E., Abbasi M., Karimi R., Bakhtyari H.R.R. Ecological and health risks of soil and grape heavy metals in long-term fertilized vineyards (Chaharmahal and Bakhtiari province of Iran). *Environmental Geochemistry and Health*. 2020;42(9):27-43. DOI 10.1007/s10653-019-00242-5.
4. Белаш Д.Ю., Левченко С.В., Бойко В.А., Романов А.В. Оценка влияния внекорневой подкормки препаратом «Алга Супер» на показатели продуктивности и качества винограда // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2021;23(1):27-31. DOI 10.35547/IM.2021.28.40.004.
5. Бойко В.А., Левченко С.В., Белаш Д.Ю. Разработка системы применения препарата «Лигногумат» и оценка ее влияния на показатели продуктивности и качества винограда и плодовых культур // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2019;21(1):31-35.
6. Клименко Н.Н. Влияние приемов биологизации на микробиоценоз виноградника // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2020;22(3):221-224. DOI 10.35547/IM.2020.

22.3.007.

7. Белько В.В. Использование органического осадка биогазовых технологий // *Материалы Международной научно-практической конференции*. Тула: ТГУ. 2023:286-289.
8. Бредихин В.П., Темникова Я.И., Голотова И.В. Переработка навозных стоков свиноводческих комплексов на биогазовых станциях с целью получения высокоэффективных органических биоудобрений // *Отходы, причины их образования и перспективы использования: сб. научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции*. 2019:505-508.
9. Иовик Л.Н. Использование сброженного отхода биогазовой установки в качестве органического удобрения (аналитический обзор) // *Почвоведение и агрохимия*. 2015;1(54):230-237.
10. Фадеева Н.А., Ларионов Г.А., Щипцова Н.В. Применение отходов биогазовой установки в сельском хозяйстве // *Естественные и технические науки*. 2019;5(131):97-98.
11. Howell C.L., Hoogendijk K., Myburgh P.A., Lategan V. An assessment of treated municipal wastewater used for irrigation of grapevines with respect to water quality and nutrient load. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 2022;43(2):168-179. DOI 10.21548/43-2-5466.
12. Voča N., Bilandžija N., Peter A., Šurić J., Krička T. Potential of biogas generation from processing grape by-products. *Actual Tasks on Agricultural Engineering, Proceedings of the 48th International Symposium*. 2021:435-443. DOI 10.5555/20210265049.
13. Koç B., Bellitürk K., Çelik A., Baran M.F. Effects of vermicompost and liquid biogas fertilizer application on plant nutrition of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Erwerbs-Obstbau*. 2021;63:89-100. DOI 10.1007/s10341-021-00586-2.
14. Kaira W.M., Kimpiab E., Mpofo A.B., Holtman G.A. Anaerobic digestion of primary winery wastewater sludge and evaluation of the character of the digestate as a potential fertilizer. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2023;13(12):11245-11257. DOI 10.1007/s13399-022-03087-8.
15. Da Ros C., Cavinato C., Pavan P., Bolzonella D. Winery waste recycling through anaerobic co-digestion with waste activated sludge. *Waste Management*. 2014;34(11):2028-2035. DOI 10.1016/j.wasman.2014.07.017.
16. Петров В.С., Алейникова Г.Ю., Марморштейн А.А. Методы исследований в виноградарстве. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ. 2021:1-147.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс. 2014:1-352.
18. Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству. Краснодар: СКЗНИИСиВ. 2010:271-295.

References

1. Vorobyova T.N., Petrov V.S., Yakuba Yu.F., Prakh A.V., Nudga T.A., Filimonov M.A., Surzhikova S.V. Regularities of agrobiological and ecological-toxicological functioning of components of ampelocenosis ecosystem. *Scientific Publications of FSBSI NCFSCHVW*. 2015;7:195-201 (*in Russian*).
2. Vorobyova T.N., Petrov V.S., Veter Yu.A. Biologized methods of control of soil fertility of intensive vineyards. *Scientific Publications of FSBSI NCFSCHVW*. 2016;11:84-88 (*in Russian*).
3. Mirzaei M., Marofi S., Solgi E., Abbasi M., Karimi R., Bakhtyari H.R.R. Ecological and health risks of soil and grape heavy metals in long-term fertilized vineyards (Chaharmahal and

- Bakhtiari province of Iran). *Environmental Geochemistry and Health*. 2020;42(9):27-43. DOI 10.1007/s10653-019-00242-5.
4. Belash D.Yu., Levchenko S.V., Boiko V.A., Romanov A.V. Evaluation of the effect of foliar treatment with "Algae Super" preparation on the productivity and quality indicators of grapes. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2021;23(1):27-31. DOI 10.35547/IM.2021.28.40.004 (in Russian).
 5. Boiko V.A., Levchenko S.V., Belash D.Yu. Development of a system for application of lignohumate preparation, and its impact assessment on productivity and quality indices of grapes and fruit crops. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2019;21(1);31-35 (in Russian).
 6. Klimenko N.N. Influence of biologization approaches on the microbiota of the vineyard. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2020;22(3):221-224. DOI 10.35547/IM.2020.22.3.007 (in Russian).
 7. Belko V.V. The use of organic sludge of biogas technologies. Materials of the International scientific and practical conference. Tula: TSU. 2023:286-289 (in Russian).
 8. Bredikhin V., Temnikova Y., Golotova I. Pig slurry processing at biogas plants to obtain highly efficient organic biofertilizers. Waste, the causes of their formation and prospects for use: a collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific Environmental Conference. Krasnodar: KubSAU. 2019:505-508 (in Russian).
 9. Iovik L.N. The use of fermented waste from a biogas plant as an organic fertilizer (analytical review). *Soil Science and Agrochemistry*. 2015;1(54):230-237 (in Russian).
 10. Fadeeva N.A., Larionov G.A., Shchiptsova N.V. The use of waste biogas plants in agriculture. *Natural and Technical Sciences*. 2019;5(131):97-98 (in Russian).
 11. Howell C.L., Hoogendijk K., Myburgh P.A., Lategan V. An assessment of treated municipal wastewater used for irrigation of grapevines with respect to water quality and nutrient load. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 2022;43(2):168-179. DOI 10.21548/43-2-5466.
 12. Voća N., Bilandžija N., Peter A., Šurić J., Krička T. Potential of biogas generation from processing grape by-products. *Actual Tasks on Agricultural Engineering, Proceedings of the 48th International Symposium*. 2021:435-443. DOI 10.5555/20210265049.
 13. Koç B., Bellitürk K., Çelik A., Baran M.F. Effects of vermicompost and liquid biogas fertilizer application on plant nutrition of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Erwerbs-Obstbau*. 2021;63:89-100. DOI 10.1007/s10341-021-00586-2.
 14. Kaira W.M., Kimpiab E., Mpofu A.B., Holtman G.A. Anaerobic digestion of primary winery wastewater sludge and evaluation of the character of the digestate as a potential fertilizer. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2023;13(12):11245-11257. DOI 10.1007/s13399-022-03087-8.
 15. Da Ros C., Cavinato C., Pavan P., Bolzonella D. Winery waste recycling through anaerobic co-digestion with waste activated sludge. *Waste Management*. 2014;34(11):2028-2035. DOI 10.1016/j.wasman.2014.07.017.
 16. Petrov V.S., Aleynikova G.Yu., Marmorstein A.A. Research methods in viticulture. Krasnodar: FSBSI NCFSCHVW. 2021:1-147 (in Russian).
 17. Dospekhov B.A. Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results. M.: Alliance. 2014:1-352 (in Russian).
 18. Methodological and analytical support for horticulture research. Krasnodar: NCZSRH&V. 2010:271-295 (in Russian).

Информация об авторах

Александр Андреевич Красильников, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. лаборатории управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах; e-мэйл: akrasilnikov@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4545-7448>;

Дмитрий Эдуардович Руссо, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. лаборатории управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах; e-мэйл: dmitriyrusso@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1197-0232>.

Information about authors

Alexander A. Krasilnikov, Cand. Agric. Sci., Senior Staff Scientist, Laboratory of Reproduction Management in Ampelocenoses and Ecosystems; e-mail: akrasilnikov@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4545-7448>;

Dmitry E. Russo, Cand. Agric. Sci., Senior Staff Scientist, Laboratory of Reproduction Management in Ampelocenoses and Ecosystems; e-mail: dmitriyrusso@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1197-0232>.

Статья поступила в редакцию 26.08.2024, одобрена после рецензии 10.10.2024, принята к публикации 20.11.2024.