

ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ОБРАБОТОК МИКРОУДОБРЕНИЕМ НАНОПЛАНТ-Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, В. УЛЬТРА + БОР НА УРОЖАЙНОСТЬ, МАССУ И СРОКИ ХРАНЕНИЯ ЯГОД ГОЛУБИКИ

Т. В. КУРЛОВИЧ¹, С. Г. АЗИЗБЕКЯН², В. Л. ФИЛИПЕНЯ¹

¹ГНУ «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»,
ул. Сурганова, 2в, г. Минск, 220012, Беларусь,
e-mail: vaccinium@mail.ru

²ГНУ «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси»,
ул. Сурганова, 13, г. Минск, 220072, Беларусь,
e-mail: s.az@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Проведенные в течение двух лет на 4 сортах голубики испытания микроудобрения Наноплант-Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, В. Ультра + Бор позволили установить, что новый препарат на основе наночастиц соединений микроэлементов проявляет более высокую биологическую эффективность в сравнении с традиционным хелатным микроудобрением, обеспечивая снижение расхода суммы микроэлементов в 20 раз (с 234,0 до 11,7 г/га за сезон). Низкая норма расхода препарата в сочетании с его высокой эффективностью позволила увеличить кратность некорневых обработок для удовлетворения постоянной потребности растений в микроэлементах в период всего сезона: от набухания почек до массового плодоношения. Использование Наноплант-Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, В. Ультра + Бор обеспечивает ускорение созревания ягод, увеличение их средней массы, повышение урожайности и срока хранения.

Ключевые слова: голубика, *Vaccinium × covilleianum* But. et Pl., микроудобрение, Наноплант-Ультра + Бор, наночастицы, феноритмика, ускорение созревания, урожайность.

ВВЕДЕНИЕ

Голубика – ценная ягодная культура, занимающая второе место в мировом производстве ягодной продукции после земляники садовой [1]. Площади под посадками культуры ежегодно увеличиваются. Расширение производства ягод голубики происходит также за счет распространения культуры в различных климатических зонах. Это определяет высокую значимость вопросов, связанных с перезимовкой растений, сохранением цветковых почек в период покоя, повышением урожайности, размера и массы ягод, увеличением сроков их хранения. С целью усиления адаптивных свойств голубики и оптимизации технологии возделывания применяют криопротекторы, макро- и микроудобрения, средства защиты от болезней. Существенное значение имеют безопасность применяемых веществ для человека и окружающей среды, а также затраты на их использование.

В НАН Беларуси разработано и освоено в производстве микроудобрение на основе наночастиц соединений элементов Наноплант-Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, В. Ультра + Бор (далее по тексту – Наноплант). Массовая доля элементов контролируется на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой (ICP). Методом динамического светорассеяния на анализаторе Zetasizer Nano ZSP (Malvern, Великобритания) подтверждено наличие в микроудобрении наночастиц со средневзвешенным размером в диапазоне 18–24 нм.

Использование постепенно усваиваемых внутриклеточными ферментами полимеров-стабилизаторов коллоидного раствора обеспечивает низкую токсичность и пролонгированное действие препарата [2–3]. Благодаря свойству сверхпроницаемости наночастиц через клеточные мембраны новый препарат легко проникает в растительные клетки и проявляет высокую эффективность при существенно меньших концентрациях элементов в сравнении с солевыми и хелатными микроудобрениями.

Целью выполненных двухгодичных полевых испытаний являлась оценка влияния микроудобрения Наноплант на сроки созревания, урожайность, массу и сроки хранения ягод голубики различных сортов.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Испытания были проведены в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси (г. Минск) на пятилетних растениях 4 сортов голубики *Vaccinium × covilleum* But. et Pl.: Northland, Bluegold, Bluescor и Spartan. Опыты заложены в трехкратной повторности. На каждой опытной делянке площадью 3 м² располагалось по 3 учетных растения.

В контрольном варианте для обработок использовали воду.

Для некорневой подкормки голубики широко применяют комплексные удобрения со схожим химическим составом и расходными нормами, такие как Florovit (Польша), Акварин 14 и Добрая сила (Россия), Белвито и КомплеМет Голубика (Беларусь).

В качестве аналога для сравнения эффективности использовано удобрение КомплеМет Голубика (далее по тексту – КомплеМет) с составом, г/л, не менее: N – 3,7; P₂O₅ – 75; K₂O – 62; SO₄ – 16; MgO – 6,2; Fe – 7,5; Mn – 2,5; Cu – 2,2; Zn – 3,7; Mo – 0,03; Co – 0,01; B – 1,1. Сумма действующих веществ (макро- и микроэлементов) ($\Sigma_{\text{ДВ}}$) – не менее 180 г/л. В испытаниях в соответствии с инструкцией по применению использовали 2 некорневые обработки (в мае и июне) с расходом удобрения 10 мл/л (3 л на 300 л/га рабочего раствора). Расход на одну обработку $\Sigma_{\text{ДВ}}$ = 540 г/га (1080 г/га на 2 обработки); расход суммы микроэлементов ($\Sigma_{\text{МЭ}}$) (без учета NPK) составил 117 г/га (234 г/га на 2 обработки).

Микроудобрение Наноплант имеет состав, г/л, не менее: Co – 0,36; Mn – 0,36; Cu – 0,43; Fe – 0,6; Zn – 0,25; Cr – 0,45; Mo – 0,45; Se – 0,45; B – 5,0. $\Sigma_{\text{МЭ}}$ – не менее 8,4 г/л. Расход препарата в опытах составил 0,5 мл/л (0,15 л/га), расход $\Sigma_{\text{МЭ}}$ на одну обработку – 1,3 г/га. В испытаниях производили 9 некорневых подкормок в период с апреля по июль с общим расходом суммы микроэлементов 11,7 г/га в сезон.

Учитывали следующие показатели: изменения в феноритмике сортов, в том числе срок созревания ягод, средняя урожайность ягод с одного куста, масса одной ягоды, продолжительность хранения ягод.

Наблюдения за феноритмикой проводили по общепринятой методике [4]. За исходную дату отсчета в 2023 г. взяли 1 апреля (дата проявления первой фенофазы – набухания почек), а в 2024 г. – 10 марта.

Учет урожайности в каждом варианте опыта проводили путем взвешивания ягод, собираемых отдельно с каждого куста. Определение средней массы ягод в варианте опыта проводили путем взвешивания 100 ягод в пятикратной повторности.

Для оценки срока хранения плоды голубики снимали в стадии потребительской спелости и закладывали на хранение в холодильник при температуре (4 ± 1) °C в пластиковых контейнерах объемом 500 мл с отверстиями (TL1-500/58/20 для ягод и фруктов).

Срок хранения плодов оценивали по времени сохранения (в сут) потребительских качеств при уровне общих потерь (естественная убыль + нестандарт), не превышающих 10 % [5]. Все опыты закладывали в трехкратной повторности.

Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В период наблюдений климатические показатели в сезонах вегетации варьировали в широких пределах. Сезон вегетации 2023 г. отличался резкими перепадами среднесуточных температур, которые в мае и июле были ниже, а в остальные месяцы – выше климатической нормы. С 15 по 25 июня и с 13 по 21 августа отмечены интенсивные волны тепла с максимальной температурой воздуха +30 °C. В семи месяцах года суммы осадков превышали норму. Самым сухим месяцем был май, за который в среднем выпало 12 мм осадков, самым влажным стал ноябрь – 86 мм осадков.

Весна 2024 г. была аномально теплой. Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через +5 °C в сторону ее повышения (начало периода вегетации) начался 21–29 марта, что на 1,5–2,0 недели раньше обычных сроков. Теплая погода выше климатической нормы продолжилась летом и осенью. С 25 июня по 1 июля и с 7 по 27 июля, а также в сентябре зарегистрированы волны тепла с тропическими ночами. В семи месяцах года суммы осадков были ниже

нормы. Самым сухим месяцем стал май, за который в среднем выпало 25 мм осадков (40 % климатической нормы), а самым влажным – апрель с 85 мм осадков, или 218 % климатической нормы, в июне и июле также зафиксирован избыток осадков – 116 и 123 % нормы соответственно.

Резкие перепады температур, влажности воздуха, периоды засухи и дождливой погоды в период исследований позволили оценить действие удобрения Наноплант на продуктивные показатели голубики в разнообразных климатических условиях.

В результате наблюдений за фенологикой сортов установлено, что время наступления фенологических фаз и скорость их протекания зависели от климатических особенностей года, но основное влияние на исследуемые процессы оказали среднесуточные температуры.

Весной 2024 г. вегетация у голубики началась значительно раньше (10 марта), чем в 2023 г. (2 апреля). Календарные сроки начала и прохождения фенофаз – набухания почек, начала роста, появления листьев, бутонизации и цветения – в 2024 г. также были отмечены на 15–20 дней раньше. С момента начала распускания почек и до начала фазы бутонизации разницу в сроках наступления фенофаз между сортами и вариантами опыта не наблюдали. Сортные различия проявились с фазы бутонизации, а влияние обработок удобрением Наноплант – в период созревания ягод (табл. 1, 2).

Независимо от климатических показателей года наблюдения и сортовой специфики некорневые обработки голубики микроудобрением Наноплант обеспечили достоверное опережение созревания ягод на срок от 2 до 5 дней (табл. 1, 2), что позволяет скорректировать продажу ягоды на более выгодные для реализации сроки.

Высокая эффективность микроудобрения Наноплант проявилась в повышении массы ягод и урожайности исследуемых сортов (табл. 3). В 2023 г. урожайность голубики была низкой из-за плохой закладки цветковых почек в условиях засухи во второй половине сезона вегетации 2022 г. Использование микроудобрения Наноплант способствовало увеличению урожая. Наиболее выраженный эффект обработок в 2023 г. зафиксирован у сортов Bluecrop и Spartan, урожайность которых в опытном варианте достоверно увеличилась в 2,3–3,5 раза, или на 134,8–258,3 %.

В более благоприятном по климатическим условиям 2024 г. урожайность голубики была значительно выше по сравнению с 2023 г. В контрольных вариантах эксперимента она варьирова-

Таблица 1. Влияние обработок удобрением Наноплант на сокращение периода созревания ягод голубики в 2023 г.

Сорт	Вариант	Период созревания ягод голубики, дни					
		Начало		Массовое		Конец	
		День	Δ , %	День	Δ , %	День	Δ , %
Nortland	Контроль	97,1 \pm 2,0	–	110,0 \pm 2,3	–	122,2 \pm 1,6	–
	КомплеМет	97,1 \pm 1,5	0	108,2 \pm 1,8	1,6	119,7 \pm 1,7	2,1
	Наноплант	94,3 \pm 1,6*	2,9	105,0 \pm 2,8*	4,6	113,3 \pm 1,2*	7,3
	HCP _{0,05}	2,45	–	2,74	–	2,33	–
Bluegold	Контроль	107,2 \pm 1,4	–	114,6 \pm 2,2	–	129,2 \pm 2,2	–
	КомплеМет	107,3 \pm 2,2	–	112,5 \pm 2,1	1,8	129,7 \pm 1,8	–0,4
	Наноплант	105,1 \pm 2,4*	2,0	110,0 \pm 2,0*	4,0	123,4 \pm 1,4*	4,5
	HCP _{0,05}	1,72	–	1,78	–	1,74	–
Bluecrop	Контроль	107,2 \pm 1,2	–	113,8 \pm 1,6	–	126,6 \pm 1,7	–
	КомплеМет	107,1 \pm 1,4	0,1	113,6 \pm 1,5	0,2	126,7 \pm 1,7	–
	Наноплант	103,6 \pm 2,5*	3,4	108,3 \pm 2,3*	4,8	123,4 \pm 2,3*	2,5
	HCP _{0,05}	2,33	–	3,27	–	1,93	–
Spartan	Контроль	99,3 \pm 2,1	–	104,4 \pm 1,2	–	112,2 \pm 2,3	–
	КомплеМет	99,5 \pm 1,9	–0,4	104,2 \pm 1,3	0,2	111,3 \pm 1,8	0,8
	Наноплант	99,1 \pm 2,4	0,2	102,1 \pm 1,6*	2,2	109,5 \pm 1,8*	2,4
	HCP _{0,05}	0,05	–	1,84	–	2,24	–

Примечание. Используемые сокращения: Δ – разница с контролем, %; * – статистически значимые различия при $p < 0,05$.

Таблица 2. Влияние обработок удобрением Наноплант на продолжительность периода созревания ягод голубики в 2024 г.

Сорт	Вариант	Период созревания ягод голубики, дни					
		Начало		Массовое		Конец	
		День	Δ , %	День	Δ , %	День	Δ , %
Northland	Контроль	96,2 ± 1,2		113,2 ± 1,3		124,6 ± 1,2	
	КомплеМет	96,1 ± 1,5	–	113,6 ± 1,5	–0,35	123,7 ± 1,5	0,7
	Наноплант	94,4 ± 1,4*	1,9	111,1 ± 2,1*	1,86	122,9 ± 1,5*	1,4
	HCP _{0,05}	1,75	–	2,01	–	1,63	–
Bluegold	Контроль	117,3 ± 1,2		138,4 ± 2,1		146,4 ± 1,9	
	КомплеМет	117,5 ± 1,7	0,2	137,2 ± 2,1	0,9	144,6 ± 1,6	1,2
	Наноплант	115,4 ± 1,4*	1,6	134,4 ± 2,2*	2,9	142,2 ± 1,8*	2,9
	HCP _{0,05}	1,86	–	3,55	–	3,69	–
Bluecrop	Контроль	96,4 ± 1,6		116,7 ± 1,7		128,5 ± 1,3	
	КомплеМет	96,1 ± 1,7	0,3	115,3 ± 1,9	1,20	126,7 ± 1,6	1,4
	Наноплант	96,6 ± 1,5	–0,2	113,3 ± 2,0*	2,91	126,4 ± 1,8*	1,63
	HCP _{0,05}	0,22	–	3,12	–	1,87	–
Spartan	Контроль	94,5 ± 1,1		116,4 ± 1,6		128,2 ± 2,1	
	КомплеМет	94,4 ± 1,7	0,12	116,6 ± 1,5	–0,17	126,6 ± 1,6	1,25
	Наноплант	91,3 ± 2,1	3,39	114,6 ± 1,7	1,55	125,3 ± 1,9	2,26
	HCP _{0,05}	2,78	–	1,52	–	2,24	–

Примечание. Используемые сокращения: Δ – разница с контролем, %; * – статистически значимые различия при $p < 0,05$.

Таблица 3. Влияние обработок микроудобрением Наноплант на массу ягоды и урожайность (X) у сортов голубики

Сорт	Вариант	Масса ягоды, г		Урожайность, кг/раст.	
		$X \pm m_x$	Δ , %	$X \pm m_x$	Δ , %
2023					
Northland	Контроль	0,70 ± 0,03	—	0,14 ± 0,02	—
	КомплеМет	0,70 ± 0,03	0	0,22* ± 0,04	57,1
	Наноплант	0,87* ± 0,02	24,3	0,19* ± 0,06	35,7
	HCP _{0,05}	0,04	—	0,04	—
Bluegold	Контроль	1,25 ± 0,02	—	0,45 ± 0,05	—
	КомплеМет	1,23 ± 0,01	−1,6	0,42 ± 0,05	−6,7
	Наноплант	1,79* ± 0,04	43,2	0,48* ± 0,12	6,7
	HCP _{0,05}	0,11	—	0,03	—
Bluecrop	Контроль	1,57 ± 0,02	—	0,12 ± 0,01	—
	КомплеМет	1,46 ± 0,08	−7,0	0,35* ± 0,04	191,6
	Наноплант	2,26* ± 0,04	43,9	0,43* ± 0,08	258,3
	HCP _{0,05}	0,08	—	0,10	—
Spartan	Контроль	2,09 ± 0,04	—	0,23 ± 0,03	—
	КомплеМет	2,16* ± 0,02	3,3	0,43* ± 0,13	86,9
	Наноплант	2,26* ± 0,03	8,1	0,54* ± 0,20	134,8
	HCP _{0,05}	0,04	—	0,18	—
2024					
Northland	Контроль	0,98 ± 0,02	—	1,72 ± 0,25	—
	КомплеМет	1,07 ± 0,02	9,2	1,87 ± 0,16	5,9
	Наноплант	1,24* ± 0,03	26,5	2,36* ± 0,14	35,3
	HCP _{0,05}	0,19	—	0,53	—
Bluegold	Контроль	1,15 ± 0,01	—	4,65 ± 0,33	—
	КомплеМет	1,43 ± 0,01	24,3	5,24 ± 0,32	13,0
	Наноплант	1,58* ± 0,02	37,4	5,46* ± 0,32	17,4
	HCP _{0,05}	0,37	—	0,67	—

Окончание табл. 3

Сорт	Вариант	Масса ягоды, г		Урожайность, кг/раст.	
		$X \pm m_x$	Δ , %	$X \pm m_x$	Δ , %
Bluecrop	Контроль	$0,91 \pm 0,02$	—	$2,00 \pm 0,71$	—
	КомплеМет	$1,13 \pm 0,01$	24,2	$2,14 \pm 0,32$	7,0
	Наноплант	$1,21^* \pm 0,02$	33,0	$2,28^* \pm 0,44$	14,0
	HCP _{0,05}	$0,21$	—	$0,27$	—
Spartan	Контроль	$1,88 \pm 0,03$	—	$1,12 \pm 0,11$	—
	КомплеМет	$2,04 \pm 0,02$	8,5	$1,25 \pm 0,31$	9,1
	Наноплант	$2,29 \pm 0,03$	21,8	$1,94^* \pm 0,13$	72,7
	HCP _{0,05}	$0,54$	—	$0,33$	—

Примечание. Используемые сокращения: Δ – разница с контролем, %; * – статистически значимые различия при $p < 0,05$.

ла от 1,12 до 4,65 кг с куста в зависимости от сорта. Применение микроудобрения Наноплант способствовало получению прибавки урожая у сорта Bluecrop на 14,0 %, у Bluegold – на 17,4, у Northland – на 35,3 и у Spartan – на 72,7 %.

На рост урожайности в значительной степени оказало влияние увеличение массы ягод на растениях, обработанных микроудобрением Наноплант. Существенная достоверная разница по этому признаку отмечена у всех сортов. Наибольшее увеличение массы в 2023 г. зафиксировано у сортов Bluegold (43,2 %) и Bluecrop (43,9 %), в 2024 г. значение этого показателя колебалось в пределах 21,8–37,4 %.

В сравнении с Наноплантом использование хелатного удобрения КомплеМет обеспечило существенно меньший уровень повышения урожайности: в 2024 г. – от 5,9 (Northland) до 13,0 % (Bluegold). Растения голубики испытывают постоянную потребность в микроэлементах в период всего сезона – от набухания почек до массового плодоношения. Но высокий расход (3 л/га) сдерживает возможность увеличения кратности применения КомплеМет в связи с существенным возрастанием затрат на его приобретение и снижением экономической окупаемости.

Основное преимущество применения Нанопланта базируется на его высокой биологической эффективности, позволяющей обеспечивать прибавку урожайности при малом расходе на одну обработку как препарата (**0,15 л/га** вместо 3 л/га у хелатов), так и суммы действующих веществ – наночастиц микроэлементов ($\Sigma_{МЭ} = \mathbf{1,3 \text{ г/га}}$ вместо 117 г/га). Это позволяет увеличить кратность некорневых обработок до 9 раз (с общим расходом за сезон $\Sigma_{МЭ} = \mathbf{11,7 \text{ г/га}}$ вместо 234 г/га у хелатов) и удовлетворить потребность растений в микроэлементах в течение всей вегетации.

Внесение микроудобрения Наноплант оказало положительное влияние на продолжительность хранения ягод, что позволяет увеличить сроки их реализации, снизить потери при дальнейшей транспортировке. Обработка голубики Наноплантом обеспечила достоверное увеличение сохранности ягод (табл. 4) в 2023 г. на срок от 2 (Spartan) до 10 сут (Bluegold) и в 2024 г. – на срок от 4 (Spartan) до 7 сут (Northland). В процентном выражении увеличение этого показателя варьировало в 2024 г. от 21,0 (Bluegold) до 50,3 % (Bluecrop).

Следует отметить влияние обработок Наноплантом на устранение симптомов хлороза у изучаемых сортов. Наиболее сильно данному заболеванию подвержен высокорослый, активно наращивающий побеги сорт Spartan. В период проведения испытаний на этом сорте отмечено полное отсутствие признаков хлороза листьев в варианте с обработкой растений микроудобрением Наноплант, в то время как в контроле и при обработке удобрением КомплеМет эти признаки были четко выражены (см. рисунок).

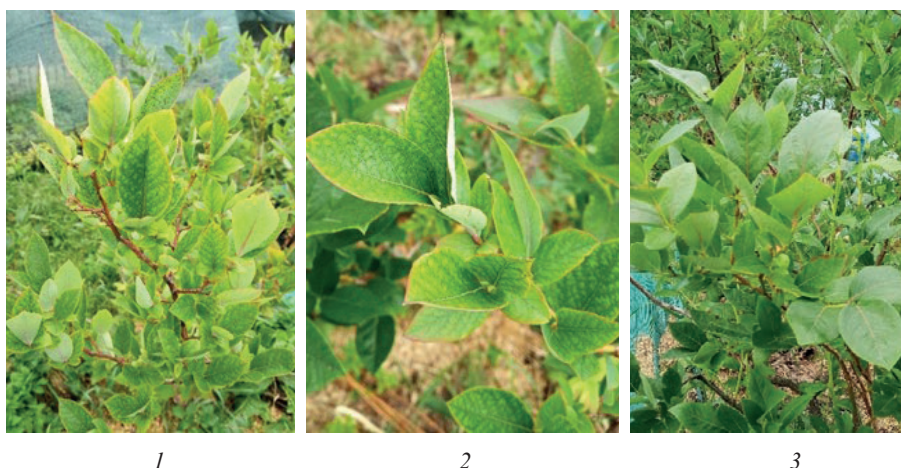
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные в 2023–2024 гг. полевые испытания микроудобрения Наноплант-Со, Мп, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, В. Ультра + Бор на 4 сортах голубики позволили установить, что новый препарат на основе наночастиц соединений микроэлементов проявляет более высокую биологическую эффективность при различных климатических условиях сезона вегетации в сравнении с тради-

Таблица 4. Влияние микроудобрения Наноплант на сроки хранения ягод голубики

Сорт	Вариант	2023 г.		2024 г.	
		Сохраняемость, сут	Δ , %	Сохраняемость, сут	Δ , %
Nortland	Контроль	$6,33 \pm 0,33$	–	$15,73 \pm 0,33$	–
	КомплеМет	$6,67 \pm 0,33$	5,4	$18,43 \pm 0,45$	17,2
	Наноплант	$9,67^* \pm 0,33$	52,8	$22,71^* \pm 0,78$	44,4
	HCP _{0,05}	0,63	–	3,27	–
Bluegold	Контроль	$10,67 \pm 0,33$	–	$24,07 \pm 1,22$	–
	КомплеМет	$14,33^* \pm 0,33$	34,3	$26,73 \pm 0,43$	11,1
	Наноплант	$20,67^* \pm 0,67$	93,7	$29,12^* \pm 1,10$	21,0
	HCP _{0,05}	0,98	–	2,79	–
Bluecrop	Контроль	$9,33 \pm 0,33$	–	$10,00^* \pm 0,63$	–
	КомплеМет	$10,00 \pm 0,58$	7,2	$12,23 \pm 1,00$	22,3
	Наноплант	$14,67^* \pm 0,33$	57,2	$15,03 \pm 0,63$	50,3
	HCP _{0,05}	0,88	–	2,37	–
Spartan	Контроль	$9,67 \pm 0,67$	–	$17,67 \pm 1,90$	–
	КомплеМет	$9,33 \pm 0,33$	–3,5	$18,97 \pm 1,93$	7,36
	Наноплант	$12,00^* \pm 1,15$	24,1	$21,42^* \pm 0,95$	21,2
	HCP _{0,05}	1,38	–	2,03	–

Примечание. Используемые сокращения: Δ – разница с контролем, %; * – статистически значимые различия при $p < 0,05$.



Проявление хлороза на листьях голубики сорта Spartan по вариантам:
1 – контроль; 2 – КомплеМет; 3 – Наноплант

ционным хелатным микроудобрением, обеспечивая при этом снижение расхода микроэлементов в 20 раз (с 234,0 до 11,7 г/га за сезон). Применение нового микроудобрения достоверно обеспечивает (в сравнении с контролем) ускорение начала периода массового созревания ягод на срок от 2 до 5 дней, или 1,5–4,8 %, в зависимости от сортовой специфики, достоверное увеличение средней массы ягод – на 8,1–43,9 %. В сложных климатических условиях плохого плодоношения 2023 г. уровень повышения урожайности колебался от 6,7 до 258,3 %. В благоприятных климатических условиях 2024 г. также отмечено достоверное стабильное повышение урожайности на 14,0–72,7 %. Период сохраняемости ягод увеличился на срок от 2 до 10 сут (на 21,0–93,7 %), что позволяет увеличить сроки их реализации, снизить потери при дальнейшей транспортировке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. High-resolution linkage map and QTL analyses of fruit firmness in autotetraploid blueberry / F. Cappai, R. R. Amadeu, J. Benevenuto [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2020. – Vol. 11. – P. 1–11.

2. Yurkevich, E. S. Study of toxicological properties of microfertilizers 'Nanoplant' in experiments *in vitro* / E. S. Yurkevich, M. V. Anisovich, S. G. Azizbekyan // Biomaterials and nanobiomaterials: recent advances safety-toxicology and ecology issues : proc. of the 9th Intern. conf., Greece, 6–13 May, 2018. – Heraklion, 2018. – P. 23–25.
3. Возделывание жимолости и голубики на рекультивируемых торфяниках низинного типа с использованием органических удобрений и микроэлементного стимулятора Наноплант / Ж. А. Рупасова, А. П. Яковлев, П. Н. Белый [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2021. – 229 с.
4. Юркевич, И. Д. Фенологические исследования древесных и травянистых растений : метод. пособие / И. Д. Юркевич, Д. С. Голод, Э. П. Ярошевич. – Минск : Наука и техника, 1980. – 83 с.
5. Проведение исследований по хранению плодов, ягод и винограда : метод. указания / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина, Отд-ние растениеводства и селекции, Науч. совет по проблемам хранения и перераб. картофеля, овощей и плодов ; сост.: Е. П. Франчук [и др.]. – М. : ВАСХНИЛ, 1983. – 76 с.

**EFFECT OF FOLIAR APPLICATIONS OF THE MICRONUTRIENT NANOFERTILIZER
NANOPLANT-CO, MN, CU, FE, ZN, CR, MO, SE, B. ULTRA + BORON ON THE YIELD,
BERRY WEIGHT, AND STORAGE DURATION OF Highbush BLUEBERRY**

T. V. KURLOVICH, S. G. AZIZBEKYAN, V. L. FILIPENYA

Abstract

Two-year trials conducted on four cultivars of highbush blueberry assessed the efficacy of the micronutrient fertilizer Nanoplant-Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, B. Ultra + Boron. The results demonstrated that this new formulation, based on nanoparticles of micronutrient compounds, exhibits significantly higher biological effectiveness compared to conventional chelated micronutrient fertilizers, reducing the total seasonal micronutrient application rate by a factor of 20 (from 234.0 to 11.7 g/ha). The low application rate combined with high efficacy enabled more frequent foliar treatments throughout the entire growing season – from bud swell to peak fruiting – meeting the continuous micronutrient demands of the plants. The use of Nanoplant-Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, B. Ultra + Boron accelerated berry ripening, increased average fruit weight, improved yield, and extended postharvest storage life.

Keywords: blueberry, *Vaccinium × coveleanum* But. et Pl., micronutrient fertilizer, Nanoplant-Ultra + Boron, nanoparticles, phenorhythmics, ripening acceleration, yield.

Поступила в редакцию 24.03.2025