

Эффективность применения серо- и кремнийсодержащих препаратов при размножении картофеля в условиях аэрогидропоники

© 2026. О. А. Старовойтова¹, В. И. Старовойтов¹, О. С. Хутинаев¹,
А. А. Манохина²✉, М. М. Васякин¹

¹ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А. Г. Лорха»,
Московская область, Российская Федерация,

²ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
МСХА им. К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Современные компании, занимающиеся производством оригинальных семян картофеля (*Solanum tuberosum* L.), стремятся применять передовые способы ускоренного размножения оздоровленного материала, основанные, в том числе, на принципах аэрогидропоники, где растения выращиваются в воздушном пространстве при регулярном опрыскивании корней влаго-воздушной смесью питательных элементов. Цель исследований – выявить влияние листовых обработок серо- и кремнийсодержащими препаратами на количественный выход мини-клубней в условиях аэрогидропоники. Опыт выполнен в 2024 г., мини-клубни сортов Аметист, Северное сияние, Ред Скарлетт и Сюрприз выращивали на аэрогидропонных установках АГМ-60 в теплице при естественном освещении. Двукратная листовая обработка серо- и кремнийсодержащими препаратами оказала положительный противострессовый эффект от действия высоких дневных температур, что сказалось, в первую очередь, на коэффициенте размножения клубней, который увеличился в среднем по всем сортам на 5,9–11,8 шт/куст (38–53 %), при этом у сортов Ред Скарлетт и Сюрприз значительно возросло количество клубней размером более 15 мм. Себестоимость одного мини-клубня в среднем по всем сортам составила 4,17–9,38 руб/шт. в контрольных вариантах и 3,02–6,59 руб/шт. в вариантах с применением листовой обработки серо- и кремнийсодержащими препаратами. Условный чистый доход (дохода эксперимента минус доход контрольного) составил от 340 (сорт Северное Сияние) до 11875 (Ред Скарлетт) руб/рабочий стол (60 растений).

Ключевые слова: семенной картофель, листовая обработка растений, коэффициент размножения, себестоимость

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства сельского хозяйства РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А. Г. Лорха» (тема НИР № FGGM-2024-0013 Программы фундаментальных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2024–2026 гг.).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

Для цитирования: Старовойтова О. А., Старовойтов В. И., Хутинаев О. С., Манохина А. А., Васякин М. М. Эффективность применения серо- и кремнийсодержащих препаратов при размножении картофеля в условиях аэрогидропоники. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(4):807–819. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.4.807-819>

Поступила: 09.06.2025

Принята к публикации: 28.07.2026

Доработана после рецензирования: 13.06.2026

Опубликована онлайн: 31.08.2026

The effectiveness of using sulfur- and silicon-containing preparations for potato propagation under aeroponic conditions

© 2026. Oksana A. Starovoitova¹, Viktor I. Starovoitov¹, Oleg S. Khutinaev¹,
Aleksandra A. Manokhina²✉, Maxim M. Vasiakin¹

¹Russian Potato Research Center, Moscow region, Russian Federation

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russian Federation

Modern companies engaged in the production of original potato seeds (*Solanum tuberosum* L.) strive to use advanced methods of accelerated propagation of improved material, including the principles of aeroponics, where plants are grown in the air with regular spraying of the roots with a moisture-air mixture of nutrients. The purpose of the study is to investigate the effect of foliar treatments with sulfur- and silicon-containing preparations on the quantitative yield of minitubers under aeroponic conditions. The experiment was conducted in 2024, and minitubers of the ‘Amethyst’, ‘Severnoe siyanie’, ‘Red Scarlett’, and ‘Surpriz’ cultivars were grown using the AGM-60 aeroponic systems in a greenhouse with natural lighting. Two-fold foliar treatment with sulfur- and silicon-containing preparations had a positive anti-stress effect to the action of high daytime temperatures, which affected, first of all, the multiplication coefficient of tubers, which increased by 5.9–11.8 pieces/bush (38–53 %) on average for all cultivars, while the number of tubers larger than 15 mm increased significantly in the ‘Red Scarlett’ and ‘Surpriz’ cultivars. The cost of one minituber averaged 4.17–9.38 RUB/unit in control variants and 3.02–6.59 RUB/unit in variants of the experiment with the use of foliar treatment with sulfur- and silicon-containing

preparations. The conditional net income (income of the variant of the experiment minus income of the control variant) was from 340 ('Severnoe siyanie' cultivar) to 11875 ('Red Scarlett') RUB/work table (60 plants).

Keywords: seed potatoes, foliar treatment of plants, multiplication factor, cost

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation within the state assignment of the Russian Potato Research Center (Research Topic No. FGGM-2024-0013) of the Long-Term Program for Fundamental Scientific Research in the Russian Federation (2024–2026).

The authors thank the reviewers for their contributions to the peer review of this work.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

For citation: Starovoitova O. A., Starovoitov V. I., Khutinaev O. S., Manokhina A. A., Vasiakin M. M. The effectiveness of using sulfur- and silicon-containing preparations for potato propagation under aerohydroponic conditions. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(4):807–819. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.4.807-819>

Received: 09.06.2025

Revised: 13.06.2026

Accepted for publication: 28.07.2026

Published online: 31.08.2026

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является одной из важнейших продовольственных культур в мире благодаря высокому содержанию крахмала, белка и витаминов. Картофель используется в пищевой промышленности для производства крахмала, спирта, патоки, чипсов, картофеля фри и других продуктов, является ценным кормом для сельскохозяйственных животных.

Одним из основных направлений получения высококачественного посадочного материала является метод *in vitro* – культивирование изолированных клеток и тканей на искусственных питательных средах в стерильных условиях [1, 2]. Однако технология получения семенного материала на безвирусной основе технологически сложна, поэтому необходим поиск новых альтернативных способов ускоренного размножения оздоровленного материала.

Современное семеноводство в основном базируется на традиционном методе выращивания мини-клубней в закрытом грунте, что требует огромных площадей и запасов воды, наличия большого количества минеральных удобрений, средств защиты и значительного вложения трудовых и финансовых ресурсов, что существенно ограничивает возможности его широкого использования в процессе оригинального семеноводства картофеля и вынуждает искать новые способы решения задач семеноводства [3, 4, 5]. Выход семенных клубней при традиционном методе размножения весьма низкий и в среднем составляет 4–8 шт. в расчете на одно растение. В редких случаях продуктивность превышает 10–12 мини-клубней с одного растения, но наличие нестерильных субстратов может приводить к вторичному заражению [6, 7].

В наши дни компании, занимающиеся производством оригинальных семян картофеля, стремятся применять передовые методы на основе принципов аэрогидропоники, которые позволяют увеличить период формирования клубней и успешно выращивать мини-клубни весом от 10 г и более. Существенная экономия также достигается благодаря оптимизации светового режима при выращивании мини-клубней в условиях искусственного освещения [8].

Наиболее рентабельным методом выращивания является использование аэрогидропонных культивационных установок, где растения произрастают в воздушном пространстве при регулярном опрыскивании корней влаго-воздушной смесью питательных элементов [8]. На некоторых сортах картофеля этот метод позволяет получить свыше 57 мини-клубней размером более 10 мм (клубни меньшего размера не учитывались) при минимальных затратах электроэнергии [6, 8].

Развитие аэропоники предполагает динамичное совершенствование технологии при научном подходе и изучении наиболее эффективных питательных растворов и режимов их подачи [3, 6, 9]. Использование высокотехнологичных аэропонных систем позволяет максимально увеличить коэффициент размножения семян без ухудшения качества, а также существенно снизить затраты на возделывание и получение оздоровленных семян [6, 8]. Благодаря аэропонике появилась возможность получения богатого, экологически чистого урожая круглый год [8, 9, 10]. Исследования промышленного производства гидропоники, аэропоники и аквапоники показали потенциальную положительную роль этих технологий в обеспечении устойчивой продоволь-

ственной безопасности. Сельскохозяйственные растительные системы, основанные на принципах выращивания в водно-воздушной культуре, могут стать одной из устойчивых альтернатив для производства различных видов продукции [4].

Остается открытым вопрос: можно ли повысить коэффициент размножения клубней картофеля в условиях аэрогидропоники? Установлено положительное влияние кремнийсодержащего препарата Мивал-Агро при выращивании семенного материала картофеля, доказано его существенное влияние на перераспределение фракций в сторону формирования большего количества стандартных клубней в условиях Северо-Западного региона РФ [11]. Применение препаратов, содержащих серу и микроэлементы в хелатной форме, способствовало повышению коэффициента размножения картофеля в полевых условиях на 1,8–2,7 шт/куст (18–26 % к контролю) и топинамбура на 2,3–14,4 шт/куст (на 3–21 %) [12]. Снижение расходов при выращивании мини-клубней также остается актуальной задачей для исследований и разработки новых результативных методов получения оригинального семенного материала [13].

Следовательно, системы выращивания в условиях водно-воздушной культуры требуют дальнейшего совершенствования. Остаются неиспытанными новые перспективные сорта, создаваемые ежегодно ведущими селекционными центрами [13]; слабо изучен вопрос подбора питательного раствора и препаратов для проведения листовых обработок с оптимальным содержанием питательных веществ

применительно к конкретному культивируемому сорту картофеля. Не в полной мере исследована реакция сортов на разные условия выращивания.

Цель исследований – выявить влияние листовых обработок серо- и кремнийсодержащими препаратами на количественный выход мини-клубней в условиях аэрогидропоники.

Научная новизна – проведение исследований по влиянию листовой обработки серо- и кремнийсодержащими препаратами на количество полученных мини-клубней в условиях аэрогидропоники, определение экономической эффективности данного технологического приема.

Материал и методы. Опыт выполнен в ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха» в 2024 г. Мини-клубни выращивали на аэрогидропонных установках АГМ-60 в теплице при естественном освещении. Высадка растений проведена 11 июня, уборка – 22 сентября. Продолжительность вегетации составила 103 дня.

Микрорастения из лаборатории клонального микроразмножения высадили на аэрогидропонный модуль без предварительного подрачивания (по 20 растений в варианте, повторность 3-кратная). Перед высадкой растения тщательно отмывали от остатков агаризованной среды для предотвращения попадания остатков агара в систему питания. Для активного питания использовали насос мощностью 350 Вт при напряжении 220 В. Пассивное питание во всех вариантах (как фон) функционировало на постоянной основе. В установках использовали питательные растворы со следующим составом макроэлементов (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание макроэлементов в питательных растворах для выращивания мини-клубней на АГМ-60 /
Table 1 – Content of macronutrients in nutrient solutions for growing mini-tubers on AGM-60

Вид питательного раствора / Type of nutrient solution	N	P	K	Ca	Mg	Электропровод- ность, ppm / Electrical conductivity, ppm	pH
	мг/л / mg/l						
Раствор 1. Первые 60 дней / Solution 1. First 60 days.	105	30	169	57	21	1,07	5,8–6,0
Раствор 2. Инициация (начало клубнеобразования) / Solution 2. Initiation (the beginning of tuber formation)	1/2 дозы первого раствора / 1/2 concentration of Solution 1					1,05	5,8–6,0
Раствор 3. Развитие / Solution 3. Growth phase	59	48	169	57	21	1,02	5,8–6,0

Содержание микросолей в растворе (мг/л) было следующим: Fe-ЭДТА (8), В (0,5), Mn (0,5), Zn (0,1), Cu (0,05), I (0,63), Co (0,006), Mo (0,1). Электропроводность (ЕС) среды меняли в зависимости от фаз и сроков веге-

тации и поддерживали в пределах 0,7–0,9. Контроль pH и ЕС производили автоматически, корректировку – по мере изменения показателей. Смену раствора проводили раз в месяц.

Опыт включал нижеследующие факторы и градации:

Фактор А – сорт: Аметист (среднеспелый), Северное сияние (среднеспелый), Ред Скарлетт (раннеспелый), Сюрприз (среднеранний)¹;

Фактор В – листовая обработка препаратами: без обработок, обработка серосодержащим (первая декада июля) и кремнийсодержащим (вторая декада июля) препаратами.

Характеристика серосодержащего препарата – 36 масс. % серы, рН 5,5–7,5. Препарат находится в испытании (Патент RU2766699 С1 от 02.06.2021) [14]. Для листовой обработки применяли в концентрации 1,5 мл/1,0 л воды. Расход рабочего раствора – 360 мл/60 растений.

В составе кремнийсодержащего препарата Мивал-Агро²: хлорметилсилатран (биологически активный кремний) – 20 %, триэтаноламмонивая соль ортокрезоксиуксусной кислоты (ауксин) – 80 %. Расход рабочего раствора для листовой обработки: 0,03 г препарата + 360 мл воды/60 растений.

Обработку растений серосодержащим и кремнийсодержащим препаратами выполняли последовательно в период фазы цветения с перерывом 7 дней: через 33 и 40 дней после посадки. Биометрические показатели «надземной части» растений замеряли через 45 дней после посадки. При уборке урожая учитывали только клубни размером от 0,7 мм и больше.

Закладка опыта, учеты и наблюдения проведены в соответствии с методическими требованиями³, дисперсионный анализ полученных данных – по Б. А. Доспехову⁴, экономическая эффективность сочетаний технологических приемов по методике⁵.

Результаты и их обсуждение. Биометрические показатели «надземной части» расте-

ний играют важную роль в формировании урожая клубней. Растения в условиях теплицы практически все время находились в стрессовом состоянии, т. к. развивались при экстремально высоких температурах, доходящих до 38 °С в отдельные жаркие дни, тогда как оптимальная температура воздуха для картофеля составляет 14–18 °С⁶. Однако растения получали хорошее развитие и достигали через 100 дней после посадки высоты от 83 см (Сюрприз) до 153 см (Аметист) (табл. 2).

До проведения листовой обработки высота растений обоих вариантов в среднем была примерно одинаковой, отличалась лишь по сортам. Так, самые низкие растения через 45 дней после посадки отмечены у сорта Сюрприз 32–35 см, самые высокие – у сорта Аметист 71–72 см. После листовых обработок растения опытного варианта набирали высоту несколько быстрее (табл. 2). У сортов Аметист, Ред Скарлетт и Сюрприз отмечен статистически значимый прирост высоты растений от применения листовых обработок, в то же время растения сорта Северное Сияние в контрольном варианте показали большую высоту.

Особенно значимой была прибавка роста растений в среднем по сорту в период от 45 до 80 дней: 59–62 см (Аметист; НСР₀₅ = 37,64–42,76 см); 63–64 см (Северное сияние; НСР₀₅ = 40,65–41,96 см); 53–57 см (Ред Скарлетт; НСР₀₅ = 38,97–39,95 см); 39–43 см (Сюрприз; НСР₀₅ = 27,43–27,87 см), в среднем по всем сортам: 57–61 см (НСР₀₅ = 35,79–37,40 см). После 80-го дня скорость роста значительно снизилась, так как растения начали входить в фазу естественного увядания. Прибавка роста растений составила: 8–15 см (Сюрприз) – 20–23 см (Ред Скарлетт).

¹Сортные ресурсы картофеля для возделывания в регионах России: справочное издание. М.: Редакция журнала Достижения науки и техники АПК, 2018. 172 с.

²Экологический сертификат соответствия: Регулятор роста растений Мивал-Агро. 2023.

URL: <https://agrosil.ru/wp-content/uploads/2023/02/020-эко-серт.pdf>

³Методика исследований по культуре картофеля М.: НИИКХ, 1967. 263 с.; Овэс Е. В., Анисимов Б. В., Симаков Е. А., Жевора С. В., Зебрин С. Н., Гантова Н. А. и др. Технологический процесс последовательных этапов выращивания семенного картофеля высших категорий качества. М., 2021. 56 с.; Жевора С. В., Федотова Л. С., Старовойтов В. И., Зейрук В. Н., Коршунов А. В., Пшеченков К. А. и др. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле. М.: ФГУП «Издательство «Наука», 2019. 120 с.

⁴Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М., Агропромиздат. 1985. 351 с.

⁵Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М.: ВНИИПИ, 1983. 149 с.

⁶Жевора С. В., Федотова Л. С., Старовойтов В. И., Зейрук В. Н., Коршунов А. В., Пшеченков К. А. и др. Указ. соч.

Таблица 2 – Влияние листовых обработок на динамику высоты «надземной части» растений картофеля в условиях аэрогидропоники (2024 г.) /

Table 2 – The effect of foliar treatments on the height dynamics of the aboveground part of potato plants in aeroponic conditions (2024)

Сорт / Cultivar	Вариант / Variant	Высота растений, см / Shoot height, cm			
		45 дней / 45 days	80 дней / 80 days	100 дней / 100 days	среднее / mean
‘Аметист’ / ‘Amethyst’	Контроль / Control group	72	131	142	115
	Опыт, листовая обработка* / Treated group, foliar treatment*	71	133	153	119
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		0,50	1,00	5,50	2,00
‘Северное сияние’ / ‘Severnoe siyanie’	Контроль / Control group	67	131	146	115
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	66	129	142	112
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		0,50	1,00	2,00	1,17
‘Ред Скарлетт’ / ‘Red Scarlett’	Контроль / Control group	43	96	119	86
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	45	102	122	90
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		1,00	3,00	1,50	1,83
‘Сюрприз’ / ‘Surpriz’	Контроль / Control group	32	75	83	63
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	35	74	89	66
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		1,50	0,50	3,00	1,33
Среднее по сортам / Cultivar mean	Контроль / Control group	54	111	120	95
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	54	115	122	97
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		0,38	1,75	0,88	1,00

*Двукратная листовая обработка препаратами, содержащими серу и кремний /

*Double foliar treatment with sulfur and silicon-containing preparations

Листостебельная часть бурно развивалась, корнеобразование также было обильным (табл. 3). Максимальная длина корневой части растений достигала в среднем 62 (Северное сияние) – 76 см (Аметист). У растений сортов Аметист и Ред Скарлетт отмечено наличие статистически значимого прироста длины корневой системы от листовых обработок.

В фазу цветения количество основных стеблей во всех вариантах в среднем было идентичным – 1 стебель/куст (табл. 4). Наибольшую массу ботвы набрали растения сорта Аметист – 0,68 кг/куст (контроль) и 0,69 кг/куст (опыт), наименьшую – растения сорта Сюрприз – 0,55 кг/куст (контроль) и 0,56 кг/куст (опыт). Причем достоверная прибавка массы ботвы получена только у растений сорта Ред Скарлетт (0,58 кг/раст. – в контроле и 0,61 – в опыте; HCP₀₅ = 0,02 кг/раст.). Растения остальных сортов не успели значимо отреагировать на листовые обработки препаратами. Площадь ассимиля-

ционной поверхности листьев в контрольных вариантах в среднем составила 1,18 см²/куст (Сюрприз) – 1,42 см²/куст (Аметист), в вариантах с листовыми обработками – 1,19 см²/куст (Сюрприз) – 1,48 см²/куст (Аметист). При этом у растений сортов Аметист и Ред Скарлетт отмечено достоверное увеличение площади листовой поверхности.

Полученные результаты показали, что листовые обработки изучаемыми препаратами довольно быстро начали оказывать влияние на рост растений картофеля, и согласуются с данными других исследователей. Так, И. П. Уромова с соавт. в лабораторном опыте с кремнийсодержащим препаратом Мивал-Агро наблюдали увеличение исследуемых морфологических параметров раннего сорта картофеля Винета в условиях *in vitro*, таких как высота растений (на 18,5 %) и площадь листьев (на 52,9 %) по сравнению с контролем [15].

Таблица 3 – Влияние листовых обработок на динамику длины корневой системы растений картофеля в условиях аэрогидропоники (2024 г.) /

Table 3 – The effect of foliar treatments on the root system length dynamics of potato plants under aeroponic conditions (2024)

Сорт / Cultivar	Вариант / Variant	Длина корневой системы, см / Root length, cm			
		45 дней / 45 days	80 дней / 80 days	100 дней / 100 days	среднее / mean
‘Аметист’ / ‘Amethyst’	Контроль / Control group	53	72	74	66
	Опыт, листовая обработка* / Treated group, foliar treatment*	55	73	76	68
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		1,00	0,50	1,00	0,83
‘Северное сияние’ / ‘Severnoe siyanie’	Контроль / Control group	46	55	63	55
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	48	53	62	54
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		1,00	1,00	0,50	0,17
‘Ред Скарлетт’ / ‘Red Scarlett’	Контроль / Control group	57	55	67	60
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	56	65	71	64
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		0,50	5,00	2,00	2,17
‘Сюрприз’ / ‘Surpriz’	Контроль / Control group	52	70	72	65
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	52	70	72	65
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		Незначимо / Insignificant			
Среднее по сортам / Cultivar mean	Контроль / Control group	52	63	69	61
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	53	65	70	63
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		0,38	1,13	0,63	0,71

Таблица 4 – Влияние листовых обработок на параметры куста растений картофеля в условиях аэрогидропоники (2024 г.) /

Table 4 – The effect of foliar treatments on the parameters of potato plants in aeroponic conditions

Сорт / Cultivar	Вариант / Variant	Параметры куста / Plant canopy parameters		
		кол-во основных стеблей, шт/куст / number of main stems, stems/plant	масса ботвы, кг/куст / haulm weight, kg/plant	площадь листьев, см²/куст / leaf area, cm²/plant
‘Аметист’ / ‘Amethyst’	Контроль / Control group	1	0,68	1,42
	Опыт, листовая обработка* / Treated group, foliar treatment*	1	0,69	1,48
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		Незначимо / Insignificant		0,03
‘Северное сияние’ / ‘Severnoe siyanie’	Контроль / Control group	1	0,64	1,41
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	1	0,63	1,39
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		Незначимо / Insignificant		0,01
‘Ред Скарлетт’ / ‘Red Scarlett’	Контроль / Control group	1	0,58	1,26
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	1	0,61	1,29
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		Незначимо / Insignificant		0,02
‘Сюрприз’ / ‘Surpriz’	Контроль / Control group	1	0,55	1,18
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	1	0,56	1,19
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		Незначимо / Insignificant		0,01
Среднее по сортам / Cultivar mean	Контроль / Control group	1,0	0,61	1,32
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	1,0	0,62	1,34
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		Незначимо / Insignificant		0,01

*Двукратная листовая обработка препаратами, содержащими серу и кремний /

*Double foliar treatment with sulfur and silicon-containing preparations

Выход мини-клубней – основной показатель при выращивании семенного материала (рис. 1). Наши исследования выявили, что у растений всех сортов в варианте с листовой обработкой препаратами, содержащими серу и кремний, этот показатель существенно выше, чем в контроле (табл. 5).

Применение листовой обработки растений серо- и кремнийсодержащими препаратами позволило повысить продуктивность у сорта

Аметист с 13,5 до 19,4 клубней/куст, сорта Северное сияние – с 22,2 до 30,7 клубней/куст, Ред Скарлетт – с 30,4 до 42,2 клубней/куст, сорта Сюрприз – с 16,7 до 25,5 клубней/куст. В среднем по всем сортам применение листовой обработки позволило увеличить выход мини-клубней на 5,9–11,8 шт/растение (38–53 %).

У сортов Ред Скарлетт и Сюрприз значительно увеличилось количество клубней размером более 15 мм (рис. 2).



‘Аметист’ / ‘Amethyst’

‘Северное сияние’ / ‘Severnoe siyanie’

Рис. 1. Клубнеобразование сортов картофеля на аэрогидропонной установке АГМ-60 /

Fig. 1. Tuberization of potato cultivars in the AGM-60 aeroponic unit

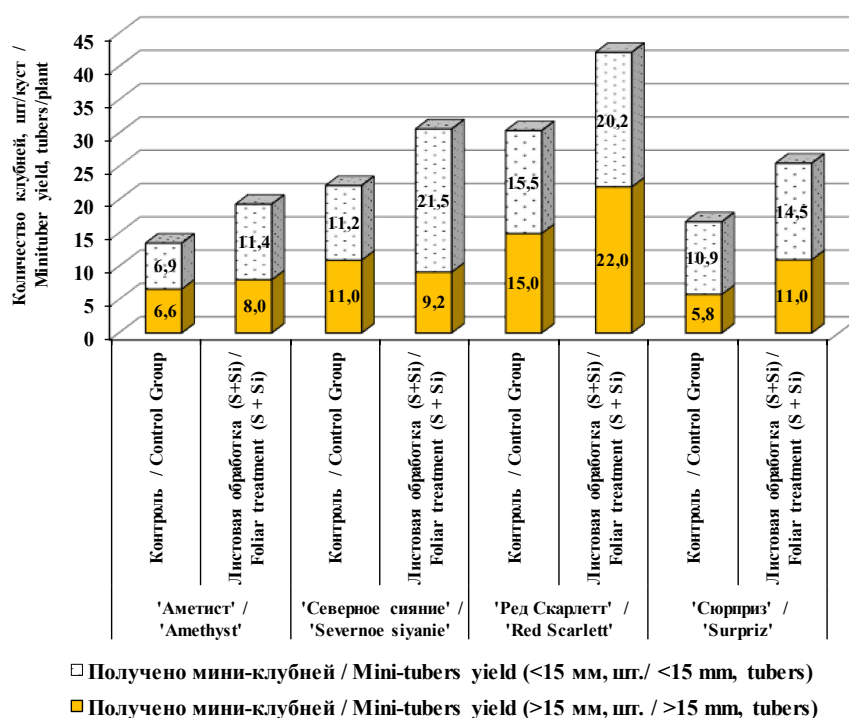


Рис. 2. Влияние листовой обработки серо- и кремнийсодержащими препаратами на количество полученных мини-клубней с одного растения в условиях аэрогидропоники (шт/куст) /

Fig. 2. Effect of foliar treatment with sulfur- and silicon-containing preparations on the minituber yield per plant obtained under aeroponic conditions (tubers/plant)

Таблица 5 – Влияние обработки серо- и кремнийсодержащими препаратами на выход мини-клубней в условиях аэрогидропоники (2024 г.) /
Table 5 – Effect of treatment with sulfur- and silicon-containing preparations on the yield of mini-tubers under aerohydroponic conditions (2024)

Сорт / Cultivar	Вариант / Variant	Получено мини-клубней, шт. / Minituber yield, tubers				± к контролю / difference from control	
		<15 мм / mm	>15 мм / mm	всего ** / total	шт/куст / tubers/plant	шт / tubers	%
‘Аметист’ / ‘Amethyst’	Контроль / Control group	138	132	270	13,5	0	0
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	227	160	387	19,4	5,9	43
‘Северное сияние’ / ‘Severnoe siyanie’	HCP ₀₅ / LSD ₀₅	-	-	58,50	2,93	-	-
	Контроль / Control group	224	219	443	22,2	0	0
	Опыт, листовая обработка* / Treated group, foliar treatment	430	183	613	30,7	8,5	38
‘Ред Скарлетт’ / ‘Red Scarlett’	HCP ₀₅ / LSD ₀₅	-	-	85,00	4,25	-	-
	Контроль / Control group	309	299	608	30,4	0	0
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	404	439	843	42,2	11,8	39
‘Сюрприз’ / ‘Surpriz’	HCP ₀₅ / LSD ₀₅	-	-	117,50	5,88	-	-
	Контроль / Control group	218	116	334	16,7	0	0
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	290	220	510	25,5	8,8	53
Среднее по сортам / Cultivar mean	HCP ₀₅ / LSD ₀₅	-	-	88,17	4,41	-	-
	Контроль / Control group	222,3	191,5	413,8	20,7	0	0
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	337,7	250,6	588,3	29,4	8,7	42
	HCP ₀₅ / LSD ₀₅	-	-	87,29	4,36	-	-

* Двукратная листовая обработка препаратами, содержащими серу и кремний / *Double foliar treatment with sulfur and silicon-containing preparations
** С 20 растений / ** Per 20 plants

Результаты наших опытов подтверждают данные других исследователей об антистрессовых свойствах препаратов, содержащих серу и кремний, которые помогают растениям справляться с воздействием высоких дневных температур в условиях теплиц, повышая их жизнеспособность и выход качественного посадочного материала при увеличении коэффициента размножения в культуре *in vitro* [15, 16, 17].

В научных исследованиях важно понять, можно ли получить положительный экономический эффект от применения конкретного технологического приема. Для этого мы посчитали материальные затраты, приходящиеся на работу одного рабочего стола (одной установки АГМ-60) на 60 растений за период вегетации (рис. 3). Расчет стоимости затрат приведен в ценах 2025 г. Цена за 1 микро-

растение – 50 руб. Стоимость 1 кВт – 7,33 руб. Тариф на холодное водоснабжение – 37,20 руб/м³. Удобрения и средства защиты – 1500 руб/1 стол. Диагностика растений методом ИФА – 40 руб/растение. Затраты на зарплату составили 2172 руб. (в среднем за период вегетации растений необходимо 3,62 чел. час/1 рабочий стол, оплату с начислениями приняли 600 руб. за 1 чел. час). Амортизация (расчет на 10 лет работы) основных средств – 776 руб., амортизация оборудования – 102 руб. Самые большие затраты 2400 руб. пришлось на диагностику растений, наименьшие – на водоснабжение 22 руб. Общая сумма расходов по стандартной технологии (контроль) составила 7600 рублей. Стоимость серосодержащего и кремний содержащего препаратов составила 50 руб./1 рабочий стол и была учтена в дальнейших расчетах.

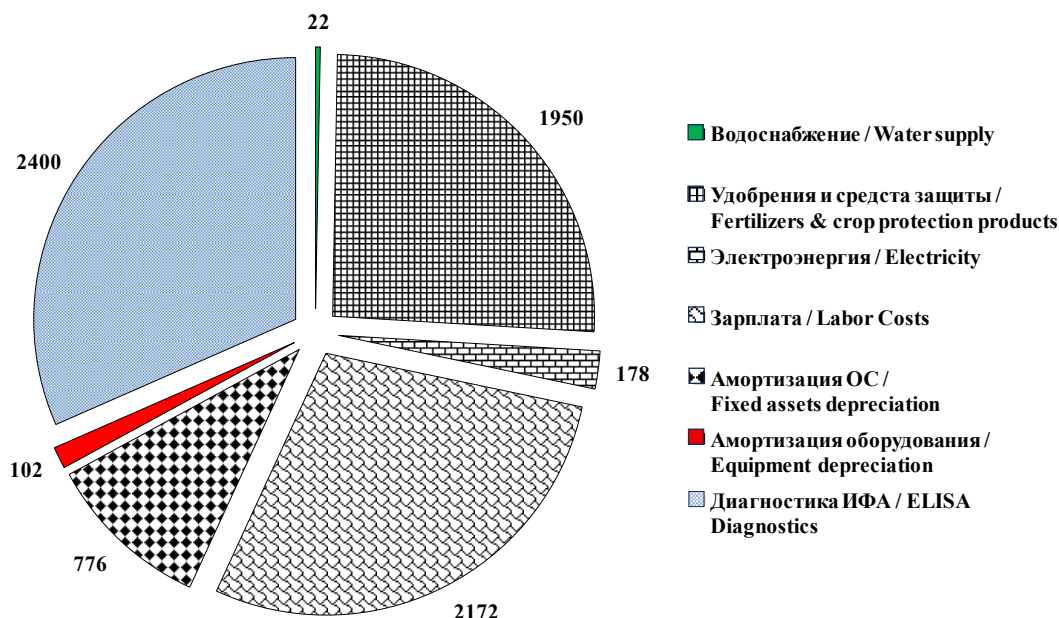


Рис. 3. Структура затрат на выращивание мини-клубней картофеля на одной установке АГМ-60 в ценах 2025 г., руб/1 рабочий стол (60 растений) /

Fig. 3. Cost structure for growing potato minitubers on one AGM-60 unit at 2025 prices, RUB / 1 work table (60 plants)

Себестоимость одного клубня в среднем по всем сортам составила от 4,17 до 9,38 руб. в контрольных вариантах и от 3,02 до 6,59 руб. в вариантах опыта с применением листовой обработки серо- и кремнийсодержащими препаратами. При возделывании по традиционной технологии в горшечной культуре себестоимость составила от 16 руб /1 клубень [18].

Для расчета экономической эффективности мы приняли цену продажи мини-клубней размером менее 15 мм – 5,00 руб/шт.; клубней

крупнее 15 мм – 25,00 руб/шт. Условный доход (выручка минус расходы) составил от 4370 до 19460 руб/1 рабочий стол в контрольном варианте и от 7555 до 31335 руб/1 рабочий стол в варианте опыта. Условный чистый доход (доход опыта минус доход контрольного варианта) составил от 340 до 11875 руб/рабочий стол.

Среди изученных сортов самые высокие показатели получены у многоклубневого Ред Скарлетт, самые низкие — у сорта Северное сияние (табл. 6)

Таблица 6 – Влияние обработки серо- и кремнийсодержащими препаратами на условный чистый доход при производстве мини-клубней картофеля в условиях аэрогидропоники (в ценах 2025 г.) /
Table 6 – The effect of sulfur- and silicon-containing treatments on the conditional net income in the production of potato minitubers under aeroponics conditions (at 2025 prices)

Сорт / Cultivar	Вариант / Variant	Получено клубней с 1 установкой, шт. / Yield per unit, tubers		Средняя себестоимость 1 клубня, руб. / Average production cost per minituber, RUB	Выручка, руб. ** / Revenue, RUB			Условный доход, руб. / Gross profit, RUB	Условный чистый доход, руб. / Conditional net income, RUB
		<15 мм / mm	>15 мм / mm		<15 мм / mm	>15 мм / mm	всего / total		
'Аметист' / 'Amethyst'	Контроль / Control group	138	132	9,38	2070	9900	11970	4370	0
	Опыт, листовая обработка* / Treated group, foliar treatment	227	160	6,59	3405	12000	15405	7755	3385
'Северное сияние' / 'Severnoye siyanie'	Контроль / Control group	224	219	5,72	3360	16425	19785	12185	0
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	430	183	4,16	6450	13725	20175	12525	340
'Ред Скарлетт' / 'Red Scarlett'	Контроль / Control group	309	299	4,17	4635	22425	27060	19460	0
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	404	439	3,02	6060	32925	38985	31335	11875
'Сюрприз' / 'Surpriz'	Контроль / Control group	218	116	7,58	3270	8700	11970	4370	0
	Опыт, листовая обработка / Treated group, foliar treatment	290	220	5,00	4350	16500	20850	13200	8830

*Двукратная листовая обработка препаратами, содержащими серу и кремний / *Double foliar treatment with sulfur and silicon-containing preparations

**Цена клубней размером <15 мм – 5 руб/шт.; размером >15 мм – 25 руб/шт. / **The price of minitubers in size <15 mm – 5 RUB/tuber; minitubers >15 mm – 25 RUB/tuber

Выводы. 1. Аэрогидропонная технология – перспективное направление в производстве мини-клубней, она позволяет значительно снизить себестоимость от 16 руб/1 клубень при возделывании по традиционной технологии в горшечной культуре до 3,02–9,38 руб/1 клубень в условиях аэрогидропоники и обеспечить высокие показатели воспроизводства. Наибольшие затраты за период вегетации составили: на диагностику вирусных заболеваний – 2,4 тыс. руб/60 растений (1 рабочий стол); на заработную плату – 2,2 тыс. руб/60 растений; удобрения и средства защиты – 1,95 тыс. руб/60 растений.

2. Двукратная листовая обработка серо- и кремнийсодержащими препаратами оказала положительный противострессовый эффект от влияния высоких дневных температур в теплице, что сказалось на высоте и массе ботвы и, главное, на коэффициенте размножения мини-клубней и позволила в значительной степени повысить эффективность выращивания. Коэффициент размножения увеличился в среднем по всем сортам на 5,9–11,8 шт/куст (38–53 %); у сортов Ред Скарлетт и Сюрприз значительно увеличилось количество клубней размером более 15 мм. Себестоимость одного клубня в среднем по всем сортам составила 4,17–9,38 руб/шт. в контрольных вариантах и 3,02–6,59 руб/шт. в вариантах опыта с применением листовой обработки серо- и кремнийсодержащими препаратами. Условный чистый доход (доход варианта опыта минус доход контрольного варианта) составил от 340 (Северное Сияние) до 11875 (Ред Скарлетт) руб/рабочий стол.

Список источников

1. Басиев С. С., Джигоева Ц. Г., Газдаров М. Д., Шабанов А. Э., Хутинаев О. С. Картофель в предгорье. Картофель и овощи. 2015;(6):21–22.
2. Семчук Н. Н., Овэс Е. В., Балун О. В., Гладких С. Н. Технология получения и ускоренного размножения здорового посадочного материала растений картофеля (*Solanum tuberosum*). АгроЭкоИнженерия. 2023;(1(114)):92–103. DOI: <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2023-1114-92-103> EDN: HZNFVBQ
3. Ветчинников А. А., Анциферова Д. В., Тесленко А. Ю., Кечкова Е. В. Особенности удобрения культур в технологиях гидро-и аэропоники. Агрохимический вестник. 2017;(2):33–36. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28989384> EDN: YKJTBB
4. AlShrouf A. Hydroponics, aeroponic and aquaponic as compared with conventional farming. American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences. 2017;27(1):247–255. URL: https://asrjetsjournal.org/American_Scientific_Journal/article/view/2543
5. Дорохов А. С., Пономарев А. Г., Зернов В. Н., Петухов С. Н., Сибирёв А. В., Аксенов А. В. Эффективность использования субстратного технологического модуля в технологии выращивания мини-клубней картофеля. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023;24(1):141–151. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.1.141-151> EDN: BEKRWX
6. Мартиросян Ю. Ц., Кособрюхов А. А., Мартиросян В. В. Аэропонные технологии в безвирусном семеноводстве – преимущества и перспективы. Достижения науки и техники АПК. 2016;30(10):47–51. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27175127> EDN: WWRMXX
7. Шанина Е. П., Стафеева М. А., Ковалёв А. Н. Сорт картофеля Люкс: перспективы получения качественного оригинального материала с высоким количественным выходом мини-клубней в аэрогидропонном модуле. Пермский аграрный вестник. 2018;(3(23)):100–105. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36415070> EDN: MGTUL
8. Хутинаев О. С., Старовойтов В. И., Шабанов Н. Э. Аэрогидропонный способ выращивания мини-клубней картофеля и топинамбура в условиях искусственного освещения. Картофелеводство: мат-лы междунаро. научн.-практ. конф. Красково: ФГБНУ ВНИИ картофельного хоз-ва им. А. Г. Лорха, 2017. С. 259–268. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29389223> EDN: YTDFVN
9. Хутинаев О. С., Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А., Шабанов Н. Э., Колесова О. С. Выращивание мини-клубней картофеля и топинамбура в условиях водно-воздушной культуры с использованием искусственного освещения. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». 2018;(4(86)):7–14. DOI: <https://doi.org/10.26897/1728-7936-2018-4-7-14> EDN: XYBNNB
10. Rajaseger G., Chan K. L., Tan K. Y., Ramasamy Sh., Khin M. C., Amaladoss I A., Haribhai P. K. Hydroponics: current trends in sustainable crop production. Bioinformation. 2023;19(9):925–938. DOI: <https://doi.org/10.6026/97320630019925>
11. Зайцева М. И., Федорова Ю. Н., Федорова Л. Н. Оценка влияния аскорбиновой кислоты на развитие и продуктивность семенного картофеля в условиях Северо-Западного региона. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2025;(3(245)):15–22. DOI: <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2025-245-3-15-22> EDN: IZJRDY
12. Старовойтова О. А., Старовойтов В. И., Манохина А. А., Чайка В. А., Аллаяров Ж. Ж. Влияние микроэлементов в хелатной форме при выращивании клубнеплодов картофеля и топинамбура. Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021;14(1(68)):61–70. DOI: https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_1_61 EDN: BTEORJ
13. Жевора С. В., Симаков Е. А., Анисимов Б. В., Митюшкин А. В., Журавлев А. А., Зебрин С. Н. Селекция и семеноводство картофеля: научное обеспечение и бизнес-проекты. Картофель и овощи. 2023;(4):6–10. DOI: <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.22.92.003> EDN: KMEGWM
14. Цирульникова Н. В., Чайка В. А., Поплевин Д. С., Ретивов В. М., Старовойтов В. И., Алейникова Н. В., Диденко П. А. Этиленбис (Тиаоацетат)-димоноэтаноламин водный раствор в качестве микроудобрения для сельскохозяйственных культур: пат. № 2766699 Российская Федерация. № 2021115782: заяв. 02.06.2021; опубл. 15.03.2022. Бюл. №8. 9 с. Режим доступа: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet
15. Уромова И. П., Козлов А., Штырлина О. В., Семерикова М. Влияние кремнийсодержащего препарата на морфолого-физиологические показатели растений картофеля в условиях *in vitro*. Journal of Agriculture and Environment. 2023;(5(33)):2. DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.33.12> EDN: XYIUI
16. Зайцева М. И., Федорова Ю. Н., Федорова Л. Н. Влияние регулятора роста растений Мивал-Агро в составе питательной среды на ускоренное развитие картофеля в культуре *in vitro*. Овощи России. 2025;(5):140–144. DOI: <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-5-140-144> EDN: FMXLAK
17. Уромова И. П., Козлов А. В. Влияние кремниевых регуляторов роста на продуктивность и качество урожая сельскохозяйственных культур. Естественные и технические науки. 2021;(12(163)):159–163. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47927630> EDN: QQAGXX
18. Хутинаев О. С. Сравнение продуктивности растений картофеля при выращивании миниклубней в условиях аэрогидропоники и в горшках с почвенным субстратом. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023;24(5):757–766. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.757-766> EDN: WMTVXO

References

1. Basiyev S. S., Dzhioyeva Ts. G., Gazdarov M. D., Shabanov A. E., Khutinayev O. S. Potatoes in foothills. *Kartofel' i ovoshchi* = Potato and Vegetables. 2015;(6):21–22. (In Russ.).
2. Semchuk N. N., Oves E. V., Balun O. V., Gladkikh S. N. Technology of obtaining and accelerated reproduction of healthy planting material of potato plants (*Solanum tuberosum*). *AgroEkoInzheneriya* = AgroEcoEngineering. 2023;(1(114)):92–103. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2023-1114-92-103>
3. Vetchinnikov A. A., Antsiferova D. V., Teslenko A. Yu., Kechkova E. V. Features of fertilizers application for crops cultivation in hydro- and aeroponics technologies. *Agrokhimicheskiiy vestnik* = Agrochemical Herald. 2017;(2):33–36. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28989384>
4. AlShrouf A. Hydroponics, aeroponic and aquaponic as compared with conventional farming. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*. 2017;27(1):247–255. URL: https://asrjetsjournal.org/American_Scientific_Journal/article/view/2543
5. Dorokhov A. S., Ponomarev A. G., Zernov V. N., Petukhov S. N., Sibirev A. V., Aksenov A. G. The efficiency of using the substrate technological module in the technology of growing potato mini-tubers. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(1):141–151. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.1.141-151>
6. Martirosyan Yu. Ts., Kosobryukhov A. A., Martirosyan V. V. Aeroponic technologies in virus-free seed production: advantages and perspectives. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2016;30(10):47–51. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27175127>
7. Shanina E. P., Stafeyeva M. A., Kovalev A. N. Lux potato variety: prospects of obtaining the qualitative original material with a high quantitative yield of mini-tubers in aero-hydroponic module. *Permskiy agrarnyy vestnik* = Perm Agrarian Journal. 2018;(3(23)):100–105. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36415070>
8. Khutinayev O. S., Starovoytov V. I., Shabanov N. E. An aerohydroponic method for growing minitubers of potatoes and jerusalem artichoke in artificial lighting conditions. Potato growing: Proceedings of the International scientific and practical conference. Kraskovo: FGBNU VNII kartofel'nogo khoz-va im. A. G. Lorkha, 2017. pp. 259–268. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29389223>
9. Khutinayev O. S., Starovoytov V. I., Starovoytova O. A., Manokhina A. A., Shabanov N. E., Kolesova O. S. Growing minitubers of potato and jerusalem artichoke in a water-air environment under artificial lighting. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V. P. Goryachkina»* = Vestnik of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education «Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin». 2018;(4(86)):7–14. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26897/1728-7936-2018-4-7-14>
10. Rajaseger G., Chan K. L., Tan K. Y., Ramasamy Sh., Khin M. C., Amaladoss I. A., Haribhai P. K. Hydroponics: current trends in sustainable crop production. *Bioinformation*. 2023;19(9):925–938. DOI: <https://doi.org/10.6026/97320630019925>
11. Zaytseva M. I., Fedorova Yu. N., Fedorova L. N. Evaluation ascorbic acid influence on development and productivity of seed potatoes under the conditions of the North-Western region. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of Altai State Agricultural University. 2025;(3(245)):15–22. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2025-245-3-15-22>
12. Starovoytova O. A., Starovoytov V. I., Manokhina A. A., Chayka V. A., Allayarov Zh. Zh. Chelate minor plant nutrients and their influence on the cultivation of potato and jerusalem artichoke tubers. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik of Voronezh state agrarian university. 2021;14(1(68)):61–70. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_1_61
13. Zhevora S. V., Simakov E. A., Anisimov B. V., Mityushkin A. V., Zhuravlev A. A., Zebrin S. N. Potato breeding and seed production: scientific support and business projects. *Kartofel' i ovoshchi* = Potato and Vegetables. 2023;(4):6–10. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.22.92.003>
14. Tsurul'nikova N. V., Chayka V. A., Poplevin D. S., Retivov V. M., Starovoytov V. I., Aleynikova N. V., Didenko P. A. Ethylene bis (Thioacetate)-dimonoethanolamine aqueous solution as a micro-fertilizer for agricultural crops: Patent RF, no. 2766699, 2022. URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet
15. Uromova I. P., Kozlov A., Shtyrlina O. V., Semerikova M. Influence of a silica-containing drug on the morphological and physiological parameters of potato plants under *in vitro* conditions. *Journal of Agriculture and Environment*. 2023;(5(33)):2. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.33.12>
16. Zaytseva M. I., Fedorova Yu. N., Fedorova L. N. The effect of plant growth regulator Mival-agro in the nutrient medium on the accelerated development of potatoes *in vitro*. *Ovoshchi Rossii* = Vegetable crops of Russia. 2025;(5):140–144. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-5-140-144>
17. Uromova I. P., Kozlov A. V. Effect of silicon growth regulator on crop productivity and quality crops. *Estestvennyye i tekhnicheskiye nauki*. 2021;(12(163)):159–163. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47927630>
18. Khutinaev O. S. Comparing the productivity of potato plants when growing mini-tubers in the conditions of air hydroponics and in the pots with soil substrate. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(5):757–766. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.757-766>

Вклад авторов: Старовойтова О. А. – методология проекта, проведение исследований, формальный анализ, формулирование общих выводов, создание окончательной версии (доработка) рукописи и ее редактирование; Старовойтов В. И. – научное руководство исследованием, формулирование основных направлений исследования, цели и задач, формулирование общих выводов; Хутинаев О. С. – проведение исследований, визуализация, формулирование общих выводов; Манохина А. А. – анализ литературных источников для постановки цели, создание черновика рукописи, формулирование общих выводов, создание окончательной версии (доработка) рукописи и ее редактирование; Васякин М. М. – анализ литературных источников, проведение исследований, визуализация, формальный анализ, создание черновика рукописи.

Сведения о авторах

Старовойтова Оксана Анатольевна, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник отдела агротехнологий, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А. Г. Лорха», ул. Лорха, д. 23, литера «В», д. п. Красково, г.о. Люберцы, Московская область, Российская Федерация, 140051, e-mail: mail@potatocentre.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8293-6579>

Старовойтов Виктор Иванович, доктор техн. наук, профессор, главный научный сотрудник отдела агротехнологий, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А. Г. Лорха», ул. Лорха, д. 23, литера «В», д. п. Красково, г.о. Люберцы, Московская область, Российская Федерация, 140051, e-mail: mail@potatocentre.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9365-7631>

Хутинаев Олег Сосланбекович, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела агротехнологий, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А. Г. Лорха», ул. Лорха, д. 23, литера «В», д.п. Красково, г. о. Люберцы, Московская область, Российская Федерация, 140051, e-mail: mail@potatocentre.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1487-4038>

✉ **Манохина Александра Анатольевна**, доктор с.-х. наук, доцент, профессор кафедры механизации сельского хозяйства, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», ул. Тимирязевская, д. 49, г. Москва, Российская Федерация, 127434, e-mail: info@rgau-msha.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9785-1164>, e-mail: alexman80@list.ru

Васякин Максим Максимович, младший научный сотрудник отдела агротехнологий, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А. Г. Лорха», ул. Лорха, д. 23, литера «В», д.п. Красково, г.о. Люберцы, Московская область, Российская Федерация, 140051, e-mail: mail@potatocentre.ru

Author Contributions: Starovoytova O. A. – project methodology, research, formal analysis, formulation of general conclusions, creation of the final version (refinement) of the manuscript, and its editing; Starovoytov V. I. – scientific management of the research, formulation of the main research directions, goals, and objectives, and formulation of general conclusions; Khutinaev O. S. – research, visualization, and formulation of general conclusions; Manokhina A. A. – analysis of literary sources to set the goal, creation of a draft manuscript, formulation of general conclusions, creation of the final version (refinement) of the manuscript, and its editing; Vasyakin M. M. – analysis of literary sources, research, visualization, formal analysis, and creation of a draft manuscript.

Information about the authors

Oksana A. Starovoytova, DSc in Agriculture, chief researcher, the Department of Agrotechnology, Russian Potato Research Centre, 23 «В», Lorkh Street, Kraskovo, Lyubertsy, Moscow region, Russian Federation, 140051, e-mail: mail@potatocentre.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8293-6579>

Viktor I. Starovoytov, DSc in Engineering, professor, chief researcher, the Department of Agrotechnology, Russian Potato Research Centre, 23 «В», Lorkh Street, Kraskovo, Lyubertsy, Moscow region, Russian Federation, 140051, e-mail: mail@potatocentre.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9365-7631>

Oleg S. Khutinaev, PhD in Agriculture, leading researcher, the Department of Agrotechnology, Russian Potato Research Centre, 23 «В», Lorkh Street, Kraskovo, Lyubertsy, Moscow region, Russian Federation, 140051, e-mail: mail@potatocentre.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1487-4038>

✉ **Aleksandra A. Manokhina**, DSc in Agriculture, associate professor, professor at the Department of Farm Mechanization, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya st., Moscow, Russian Federation, 127434, e-mail: info@rgau-msha.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9785-1164>, e-mail: alexman80@list.ru

Maxim M. Vasyakin, junior researcher, the Department of Agrotechnology, Russian Potato Research Centre, 23 «В», Lorkh Street, Kraskovo, Lyubertsy, Moscow region, Russian Federation, 140051, e-mail: mail@potatocentre.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author