



## Влияние некорневых обработок оксидом кремния на состояние побегов розы *Fancy Babylon Eyes* в предзимний период

© 2025. О. А. Ардашева<sup>1</sup>✉, А. В. Федоров<sup>2</sup>, К. С. Сергеева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Ижевск, Российская Федерация,

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация,

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск, Российская Федерация

Декоративное озеленение играет ключевую роль в ландшафтном дизайне. Благоустройство территории городов с посадкой непривычных для северных широт декоративных растений, таких как садовые розы, направлено на создание максимально комфортных условий среды пребывания человека. Однако интродукция роз в Удмуртской Республике ограничивается низкими зимними температурами. Актуальным является вопрос изучения биохимических механизмов защиты растений от низких температур и возможности усиления этой защиты с помощью химической обработки, в частности, кремнийсодержащими препаратами. Цель исследований – изучение влияния водного раствора оксида кремния (IV) в различных концентрациях (0,002; 0,004; 0,006; 0,008 %) на структурно-функциональные особенности и устойчивость розы *Fancy Babylon Eyes* к низким температурам среды. Для этого применяли ежегодную трехкратную (май-июнь-июль) некорневую обработку растений раствором оксида кремния в течение 2019–2021 гг. (контроль – обработка дистиллированной водой). Исследовали рост и развитие растений в вегетационный период, толщину эпидермиса, содержание крахмала и липидов в стеблях в предзимний период. Под влиянием некорневых обработок наблюдали тенденцию к увеличению высоты кустов и количества побегов. При гистохимическом исследовании обнаружено статистически значимое утолщение эпидермиса при обработке раствором всех изучаемых концентраций, максимальное (на 35,8 и 49,4 %) – при 0,006 и 0,008 %. Увеличение липидов в стеблях роз отмечали только при обработке 0,002%-ным раствором оксида кремния. С целью повышения зимостойкости кустов роз рекомендуется использовать водный раствор оксида кремния (IV) в концентрациях 0,006 и 0,008 %, применяя ежегодную трехкратную некорневую обработку.

**Ключевые слова:** зимостойкость, гистохимические методы, интродукция растений, оксид кремния, крахмал, липиды, садовые розы

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (№ проекта FUUE-2022-0017, рег. № ЕГИСУ НИОКТР 122040700023-7).

Авторы благодарят А. А. Шахова, старшего научного сотрудника лаборатории механоактивации органических систем Физико-технического института УдмФИЦ УрО РАН, за предоставленный для исследования раствор оксида кремния (IV).

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

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Ардашева О. А., Федоров А. В., Сергеева К. С. Влияние некорневых обработок оксидом кремния на состояние побегов розы *Fancy Babylon Eyes* в предзимний период. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025;26(2):274–285. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.2.274-285>

Поступила: 18.09.2023

Принята к публикации: 24.03.2025

Опубликована онлайн: 29.04.2025

## The effect of non-root silicon oxide treatments on the condition of *Fancy Babylon Eyes* rose shoots in the pre-winter period

© 2025. Olga A. Ardasheva<sup>1</sup>✉, Alexander V. Fedorov<sup>2</sup>, Ksenia S. Sergeeva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russian Federation,

<sup>2</sup>Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russian Federation,

<sup>3</sup>Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation

Decorative landscaping plays a key role in landscape design. The improvement of urban areas with the planting of decorative plants unusual for northern latitudes, such as garden roses, is aimed at creating the most comfortable conditions for human habitation. However, the introduction of roses in the Udmurt Republic is limited by low winter temperatures. The issue of studying the biochemical mechanisms of plant protection from low temperatures and the possibility of enhancing this protection with the help of chemical treatment, in particular, with silicon-containing preparations, is relevant. The aim of the research is to study the effect of an aqueous solution of silicon (IV) oxide in various concentrations (0.002; 0.004; 0.006; 0.008 %) the structural and functional features and resistance of the *Fancy Babylon Eyes* rose to low ambient temperatures.

*For this purpose, annual three-fold (May-June-July) foliar treatment of plants with silicon oxide solution was used during 2019–2021. (control – distilled water treatment). The growth and development of plants during the growing season, the thickness of the epidermis, the content of starch and lipids in the stems in the pre-winter period were studied. Under the influence of non-root treatments, there was a tendency to increase the height of bushes and the number of shoots. Histochemical examination revealed a statistically significant thickening of the epidermis during treatment with all concentrations of the solution, the maximum (by 35.8 and 49.4 %) at concentrations of 0.006 and 0.008 %. An increase in lipids in rose stems was noted only when treated with 0.002 % silicon oxide solution. In order to increase the winter hardiness of rose bushes an aqueous solution of silicon (IV) oxide in concentrations of 0.006 and 0.008% using an annual three-fold foliar treatment should be applied.*

**Keywords:** winter hardiness, histochemical methods, plant introduction, silicon oxide, starch, lipids, garden roses

**Acknowledgements:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (reg. No. EGISU R&D 122040700023-7, project number FUUE-2022-0017).

The authors thank A. A. Shakhov, senior researcher at the Laboratory of Mechanoactivation of Organic Systems (UdmFIC Institute of Physics and Technology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences) for the silicon (IV) oxide solution provided for the study.

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

**Conflict of interest:** the authors stated no conflict of interest.

**For citations:** Ardasheva O. A., Fedorov A. V., Sergeeva K. S. The effect of non-root silicon oxide treatments on the condition of *Fancy Babylon Eyes* rose shoots in the pre-winter period. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2025;26(2):274–285. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.2.274-285>

Received: 18.09.2023

Accepted for publication: 24.03.2025

Published online: 29.04.2025

Род *Rosa* L. в системе цветковых растений относится к семейству *Rosaceae* A. L. de Jussieu [1].

В условиях умеренно-континентальной зоны очень важно выведение сортов с высокой зимостойкостью, чтобы растение прекратило цветение вовремя и приостановило свой рост для повышения зимостойкости и вызревания древесины [2, 3, 4]. Одним из решающих факторов зимостойкости является накопление в предзимний период защитных веществ, к которым относятся углеводы и липиды. В течение предзимнего и зимнего периодов они не сохраняются в одном и том же состоянии и количестве, происходит их превращение и перераспределение в тканях [5]. Поэтому важно знать морфологические, анатомические и гистохимические характеристики побегов для изучения адаптивного процесса и оценки адаптации сортов роз в различных климатических условиях.

В Удмуртской Республике проблема повышения зимостойкости современных сортов роз особенно актуальна в связи с ее умеренно-континентальным климатом, который характеризуется достаточно морозной зимой. Анализ литературных данных [5, 6] показывает, что морозостойкость растений во многом определяется запасенными питательными веществами, в первую очередь, крахмалом и липидами, которые можно выявлять с помощью гистохимического окрашивания. Одним из эффективных способов повышения адаптивности к низким температурам среды может стать применение кремнийсодержащих препаратов. Воздействия кремния на растения могут быть направлены на улучшение условий питания, а также на

оптимизацию обменных процессов в клетках. Однако многие теоретические и практические вопросы, касающиеся полифункциональной роли кремния в растениях и почвах, остаются малоизученными [7], в связи с этим мы исследовали возможность повышения адаптационных свойств в предзимний период жизни растений.

**Цель исследования** – изучение влияния водного раствора оксида кремния (IV) в различных концентрациях на структурно-функциональные особенности и устойчивость розы *Fancy Babylon Eyes* к низким температурам среды.

**Задачи исследования.**

1. Изучить влияние оксида кремния в различных концентрациях (0,002; 0,004; 0,006; 0,008 %) на рост и развитие кустов роз по морфологическим признакам.

2. Провести рекогносцировочный опыт по изучению влияния различных концентраций оксида кремния на содержание крахмала и липидов в однолетних побегах роз *Fancy Babylon Eyes* в предзимний период.

3. Исследовать влияние оксида кремния в различных концентрациях на зимостойкость растений.

**Научная новизна** – в условиях Республики Удмуртия комплексные исследования зимостойкости розы на основе анализа запасов питательных элементов проведены впервые. Подобрана методика оценки зимостойкости и применения кремнийсодержащих препаратов, позволяющая при незначительном расширении лабораторных исследований провести достоверную раннюю диагностику зимостойкости розы.

**Материал и методы.** Основным объектом исследования служила роза Мускусная *Fancy Babylon Eyes*<sup>1</sup>, возделываемая в г. Ижевске (центральная часть Удмуртской Республики, которая относится к умеренному климатическому поясу).

Климат в г. Ижевске умеренно-континентальный с многоснежными зимами и теплым коротким летом, а также чередующимися сезонами весны и осени. Наиболее тёплым месяцем года является июль со среднемесячной температурой 19,2 °С, самым холодным – январь со средней температурой -14,2 °С. Продолжительность безморозного периода по Ижевску составляет 208 дней, продолжительность вегетационного периода со среднесуточными температурами выше 5 °С – 167 дней. Наиболее интенсивный рост тепла в весенний сезон наблюдается в марте, что сопровождается началом таяния снега и переходом суточных температур через 0 °С в среднем 1 апреля. Переход среднесуточных температур через 0 °С в сторону понижения происходит 25 октября [8]. Территория Ижевска характеризуется достаточно высокими значениями солнечного сияния (1850–1900 ч в год). В январе наблюдается 34–35 солнечных часов в месяц, в период от февраля до марта происходит их резкое возрастание и в апреле количество часов составляет 179–184. В июне-июле регистрируется наибольшая продолжительность солнечного сияния – 289–291 ч, при переходе от сентября к октябрю зафиксировано уменьшение – до 68–70 ч [9].

Температура воздуха за исследуемый период (2021–2023 гг.) в условиях города Ижевска дана в таблице 1.

Для повышения адаптивности и зимостойкости кустов роз *Fancy Babylon Eyes* к неблагоприятным условиям среды г. Ижевска была применена некорневая обработка по вегетирующим растениям раствором оксида кремния (прозрачная жидкость без запаха). Раствор оксида кремния (IV) (насыщенный раствор SiO<sub>2</sub> в воде 100 мг/л, pH = 7) предоставлен для исследования Отделом физики и химии наноматериалов Физико-технического института УдмФИЦ УрО РАН. При взаимодействии SiO<sub>2</sub> с водой происходит реакция образования ортокремниевой кислоты: SiO<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O → H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>. Растворы для обработки растений получали разведением исходного раствора дистиллированной водой.

Розы высадили весной в 2018 году, а осенью все кусты исследуемых роз обрезали на одинаковую высоту – 20 см от земли. Замеры высоты кустов проводили с 30 мая по 1 сентября в 2019–2021 гг.

Некорневые обработки растений раствором оксида кремния путем опрыскивания трижды за вегетационный период (май, июнь, июль) проводили в течение трех лет (2019–2021 гг.). В ходе исследования были апробированы концентрации раствора оксида кремния – 0,002; 0,004; 0,006; 0,008 %, контролем служила дистиллированная вода.

В каждом варианте анализировали 5 кустов роз в 4-кратной повторности. Морфологические исследования вегетирующих органов (однолетних побегов) включали наблюдения за изменением высоты куста и количества побегов<sup>2</sup>. Забор материала для гистохимических исследований проводили при переходе от вегетации к покою в конце ноября. Отбирали однолетние побеги. С каждого побега брали образец в области 1-го и 3-го междоузлия (верхняя часть), в области 5-го и 7-го междоузлия (средняя часть) побега. Анализируя поперечные срезы однолетних побегов, определяли первичную кору, флоэму, камбий, паренхиму ксилемы, однорядные сердцевинные лучи, перимедуллярную зону и сердцевину, в которых накапливаются питательные вещества, и выставляли итоговые баллы в зависимости от того, сколько клеток накапливается в тканях в предзимний период.

Оценку содержания крахмала и липидов проводили во время подготовки растений к зиме – в условиях г. Ижевска в конце ноября. Поперечные срезы изготавливали на криостате из средней и верхней частей однолетних побегов в 10-кратной повторности, заливали матричной средой для криотомии (с функцией микротом) O. C. T. Compound, Tissue-Tek и на 15 мин помещали в вакуум. Затем кусочки замораживали на сухом льду и хранили при температуре -80 °С. Из кусочков получали срезы толщиной 12 мкм с помощью криостата (с функцией микротом) Shandon Cryotome E. Толщину эпидермиса измеряли в программе ImageJ. Полученные данные статистически обрабатывали с использованием стандартных пакетов компьютерных программ Microsoft Office XP Excel и STATISTICA 10.0 по критерию Mann-Whitney U test.

<sup>1</sup>Fancy Babylon Eyes Гибрид *Hulthemia persica* Interplant Нидерланды, 2015. [Электронный ресурс].

URL: <https://www.rosebook.ru/roses/hulthemia-persica-hybrid/fancy-babylon-eyes/> (дата обращения: 14.06.2023).

<sup>2</sup>Серебряков И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений. М.: Советская наука, 1952. С. 75.

*Таблица 1 – Температура воздуха по месяцам за исследуемый период в условиях г. Ижевска, °С (по данным Удмуртского ЦГМС, метеостанция Ижевск, <http://udmpogoda.ru>) /*

*Table 1 – Monthly air temperature for the study period in the city of Izhevsk, °C (according to the Udmurt CGMS, Izhevsk weather station, <http://udmpogoda.ru>)*

Месяц / Month	Температура воздуха по декадам / Air temperature by decades			Среднее за месяц / Monthly average	Минимальная температура / Minimum temperature
	I	II	III		
2019 г.					
Январь / January	-11,2	-8,1	-15,9	-11,8	-3
Февраль / February	-12,7	-7,8	-7,1	-9,4	-2
Март / March	-5,0	-1,6	0,5	-2,0	-17
Апрель / April	3,2	2,9	5,3	3,8	-8
Май / May	14,3	13,7	13,4	13,8	-2
Июнь / June	15,9	14,7	17,4	16,0	2
Июль / July	16,0	17,8	16,5	16,7	7
Август / August	12,8	16,5	13,1	14,1	3
Сентябрь / September	11,5	11,7	3,5	8,9	-3
Октябрь / October	9,3	2,0	1,3	4,2	-7
Ноябрь / November	-0,6	-3,5	-9,0	-4,3	-22
Декабрь / December	-4,0	-4,2	-9,1	-5,8	-24
2020 г.					
Январь / January	-4,6	-2,1	-7,3	-4,7	-24
Февраль / February	-7,6	-6,8	-0,9	-5,1	-23
Март / March	-1,4	1,3	1,5	0,5	-11
Апрель / April	3,0	5,3	5,2	4,5	-6
Май / May	14,3	11,3	14,1	13,2	-1
Июнь / June	15,9	15,8	12,0	14,6	4
Июль / July	20,8	22,8	18,7	20,8	4
Август / August	17,5	12,7	17,3	15,8	6
Сентябрь / September	14,0	10,0	9,0	11,0	1
Октябрь / October	7,5	8,0	0,5	5,3	-9
Ноябрь / November	0,3	-7,3	-6,8	-4,6	-18
Декабрь / December	-11,6	-14,0	-10,0	-11,9	-3
2021 г.					
Январь / January	-9,7	-17,7	-9,2	-12,2	-29
Февраль / February	-12,0	-17,1	-17,2	-9,4	-33
Март / March	-9,7	-6,8	0,1	-5,4	-25
Апрель / April	2,3	7,7	6,3	5,4	-5
Май / May	13,5	21,5	15,7	16,9	2
Июнь / June	16,1	19,2	25,0	20,1	5
Июль / July	21,3	20,2	17,2	19,5	6
Август / August	20,7	21,6	17,6	19,9	3
Сентябрь / September	10,5	7,8	6,6	8,3	-3
Октябрь / October	4,5	7,1	2,5	4,7	-7
Ноябрь / November	1,2	-4,9	-3,9	-2,5	-18
Декабрь / December	-6,4	-8,3	-15,6	-10,1	-28

В исследованиях использовали микрохимическую реакцию, основанную на изучении содержания крахмала реакцией с йодом в растворе йодистого калия. Реактив состоит из 0,5 г кристаллического йода, 1 г йодида калия, 400 г

глицерина, 50 мл дистиллированной воды. Выявление липидов проводили с помощью красителя Судан III, который состоял из 0,01 г краски Судан III и 20 мл 96%-го этилового спирта. Для дальнейшей микроскопии срезы

заключили под стекло в среду, состоящую из глицерина и дистиллированной воды в соотношении 1:1<sup>3</sup>. Полученные срезы исследовали и фотографировали, используя микроскоп «Биомед TS-2000 LCD».

**Результаты и их обсуждение.** Ученые утверждают, что кремний обладает уникальными свойствами для жизни растений. Достоверность этой гипотезы подтверждается результатами проведенных исследований. Недостаток кремния негативно сказывается на росте, развитии и размножении растений [10].

Высота кустов роз, обработанных оксидом кремния, была больше в последний 4-й раз измерения 1 сентября по сравнению с контрольной группой (рис. 1). Наилучшие результаты по приросту получены в варианте, обработанном раствором в концентрации 0,006 % – прирост на 16,8 см выше по сравнению с контрольным.

По количеству побегов все группы, обработанные раствором оксида кремния, увеличивали кустистость растений (рис. 2).

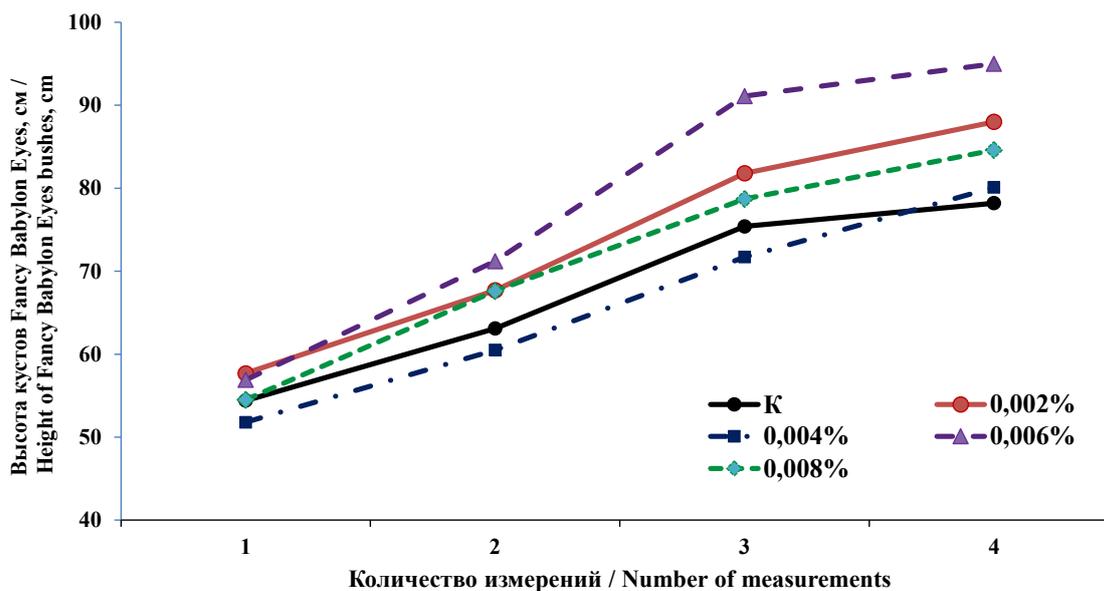


Рис. 1. Влияние некорневой обработки оксидом кремния на кинетику изменения высоты кустов *Fancy Babylon Eyes*: К – контроль; 0,002; 0,004; 0,006; 0,008 % – концентрации оксида кремния (в среднем за 2019–2021 гг.) /  
Fig. 1. The effect of non-root silicon oxide treatment on the kinetics of height changes in *Fancy Babylon Eyes* bushes: К – control; 0.002; 0.004; 0.006; 0.008 % – silicon oxide concentrations (on average for 2019–2021)

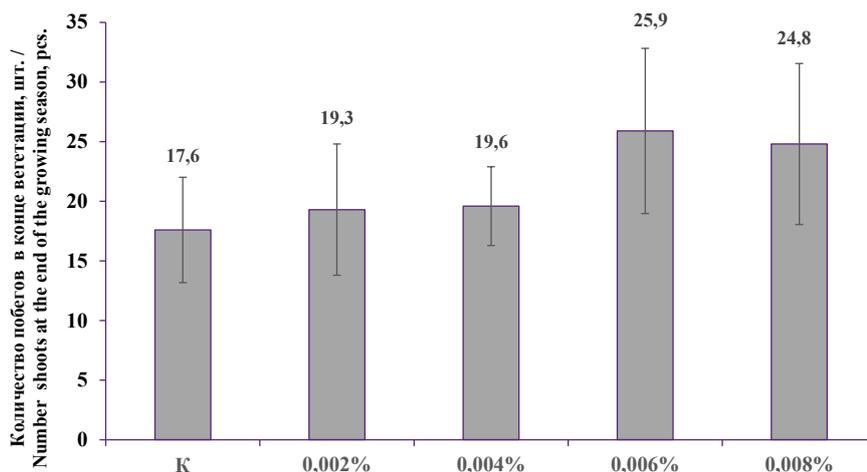


Рис. 2. Влияние некорневой обработки оксидом кремния на количество побегов *Fancy Babylon Eyes* в конце вегетации: К – контроль; 0,002; 0,004; 0,006; 0,008 % – концентрации оксида кремния (в среднем за 2019–2021 гг.) /

Fig. 2. The effect of non-root treatment with silicon oxide on the number of *Fancy Babylon Eyes* shoots at the end of the growing season: К – control; 0.002; 0.004; 0.006; 0.008 % – concentrations of silicon oxide (on average for 2019–2021)

<sup>3</sup>Серебряков И. Г. Указ. соч. С. 7-8, 42–50.

Тенденция к увеличению количества побегов отмечена у групп роз, обработанных растворами оксида кремния в концентрациях 0,006 и 0,008 %. Растения в вариантах с некорневой обработкой растворами меньшей концентрации (0,002 и 0,004 %) по количеству побегов не различались, однако при разведении 0,002 % наблюдали большую вариативность показателя.

Кремний придает растениям прочность, укрепляя стенки клеток и обеспечивая их жесткость. Накопление кремния происходит в эпителии, листьях, корнях и оболочке зерен растений, эти запасы помогают растениям выжить при низких температурах [10, 11]. Влияние некорневой обработки оксидом кремния на толщину эпидермиса представлено на рисунке 3.

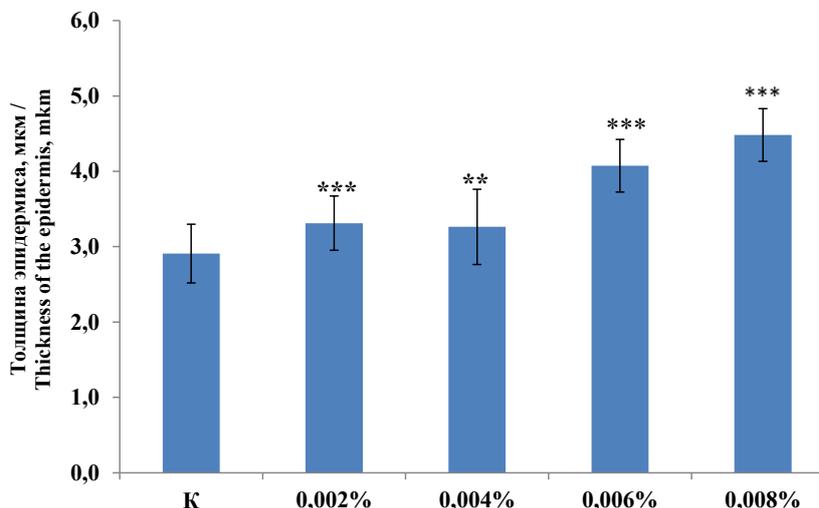


Рис. 3. Влияние некорневой обработки оксидом кремния на толщину эпидермиса в средней части побега *Fancy Babylon Eyes* в конце вегетации: К – контроль; 0,002; 0,004; 0,006; 0,008 % – концентрации оксида кремния; \*\* $p < 0,05$ ; \*\*\* $p < 0,01$  относительно контроля (в среднем за 2019–2021 гг.) /

Fig. 3. The effect of non-root treatment with silicon oxide on the thickness of the epidermis in the middle part of the *Fancy Babylon Eyes* shoot at the end of the growing season: К – control; 0,002; 0,004; 0,006; 0,008 % – concentrations of silicon oxide; \*\* $p < 0,05$ ; \*\*\* $p < 0,01$  relative to the control (on average for 2019–2021)

Некорневые обработки растений растворами оксида кремния всех изученных концентраций привели к статистически значимому утолщению эпидермиса: при 0,002 и 0,004 % увеличение составило 10,4 и 8,8 %, при 0,006 и 0,008 % – 35,8 и 49,4 % соответственно по сравнению с контролем.

Готовность побегов роз к зиме определяли гистохимическими методами исследований с использованием качественных реакций на углеводы и липиды. Оценка содержания крахмала и липидов определяется во время подготовки к зиме, для климатических условий Ижевска – это ноябрь. Для зимостойких сортов характерен осенний максимум крахмала в октябре, а в ноябре происходит гидролиз крахмала [12, 13]. В ноябре из-за понижения температуры в побегах резко увеличивается содержание липидов. Запасенные вещества определяли по шкале, в которой учтены особенности их накопления. Концентрацию крахмала и липидов в различных тканях годичных побегов устанавливали в ходе микроскопических исследований с гистохимическим окрашиванием

препаратов, как и в работах других исследователей [14, 15, 16, 17].

По методике, разработанной М. В. Бесчетновой [5] и О. Ю. Васильевой для роз [6], запасенные вещества определяли по сумме набранных баллов в каждой ткани (табл. 2).

Наиболее интересна локализация липидов и крахмала в тканях исследуемых групп верхней и средней частей однолетних побегов в конце ноября. Отложенный крахмал – это тот материал, который в осеннее похолодание гидролизуется, образуя липиды, тем самым помогает клеткам выдерживать морозы [5, 6].

В тканевом распределении липидов наиболее насыщены эпидермис и первичная кора (5 баллов), камбий в многоядных сердцевинных лучах (3 балла). Меньшее количество липидов в сердцевине (1 или 0 баллов).

Полный гидролиз крахмала наблюдали в верхней части побега при обработке 0,002%-м раствором оксида кремния – 5 баллов, в средней части побега наиболее высокое содержание крахмала – 16 баллов (рис. 4).

Таблица 2 – Содержание крахмала и липидов в тканях однолетних побегов роз в предзимний период (по [5, 6]) /

Table 2 – Starch and lipid content in the tissues of annual rose shoots in the pre-winter period ([5, 6])

Наличие крахмальных зерен в тканях / The presence of starch grains in tissues	Окрашивание тканей (липиды) / Tissue staining (lipids)	Оценка содержания в баллах / Evaluation of the content in points
Встречаются в единичных клетках / They occur in single cells	Бледно-розовое, чуть заметное / Pale pink, barely noticeable	1
Встречаются менее чем в 50 % клеток / Occur in less than 50 % of cells	Светло-розовое, хорошо заметное / Light pink, well visible	2
Встречаются не менее чем в 50 % клеток / They occur in at least 50 % of cells	Розовое средней интенсивности / Pink medium intensity	3
Отсутствуют в единичных клетках / Absent in single cells	Ярко-розовое / Bright pink	4
Есть во всех клетках / There are in all cells	Светло-красное / Light red	5

У этих же растений отмечено самое высокое содержание липидов (общее количество – 21 и 24 балла (рис. 5)). В целом это говорит о том, что у них наблюдается превращение крахмала в жиры в большей степени. С нашей точки зрения, такое состояние свидетельствует о лучшей подготовке к зимнему периоду, чем у контрольных растений. У необработанных растений относительно высокое содержание крахмала (11 и 12 баллов) и меньшее липидов (19 и 20 баллов). Растения, в тканях которых содержится много жиров, в зимний период более морозоустойчивы, чем растения, в тканях которых запасается крахмал [5, 6].

Как видно из данных рисунка 6, у розы *Fancy Babylon Eyes* в предзимнее время накапливается максимальное количество липидов, в то время как крахмал практически полностью гидролизует. Наибольшее количество крахмала содержится в однорядных сердцевинных лучах как в верхней, так и средней частях исследуемых побегов. К концу периода вегетации единичные зерна крахмала окрашиваются в перимедулярной зоне и клетках сердцевины. У кустов роз, обработанных раствором оксида кремния в концентрациях 0,004- и 0,008 %, отмечено более низкое содержание липидов и крахмала как в верхней, так и средней частях исследуемого побега.

Содержание запасенных веществ в верхних частях побега выше, чем в средних, что рассматривается нами как неблагоприятный признак. В мероприятия по подготовке побегов роз к зимнему периоду входит обрезка, поэтому участки с высоким содержанием веществ удаляются.

Исследуемые концентрации не повлияли на морфологические качества розы *Fancy Babylon Eyes*. С точки зрения отечественных и зарубежных авторов по исходной проблематике, кремний придает растениям прочность, накапливаясь в эпидермисе, что позволяет растениям выживать в условиях действия низких температур [5, 6]. В наших исследованиях при обработке растений роз с повышением концентрации оксида кремния до 0,006 и 0,008 % толщина эпидермиса существенно увеличивается по сравнению с контрольной группой.

По данным литературы [6], для зимостойких сортов роз осенний максимум крахмала отмечается в октябре, а с понижением температуры происходит его гидролиз, и содержание липидов в тканях побегов роз резко увеличивается. При обработке растений роз 0,002%-м раствором оксида кремния гидролиз крахмала наблюдается как в верхней, так и в средней частях побега, превращение крахмала в жиры происходит интенсивнее, поэтому растения этой группы лучше подготовлены к зимнему периоду.

При изучении влияния раствора оксида кремния в различных концентрациях на структурно-функциональные особенности и устойчивость розы *Fancy Babylon Eyes* к низким температурам среды была подобрана достаточно информативная методика оценки зимостойкости, позволяющая при незначительном расширении лабораторных исследований провести достоверную раннюю диагностику зимостойкости розы, которая ранее не использовалась в Удмуртской Республике.

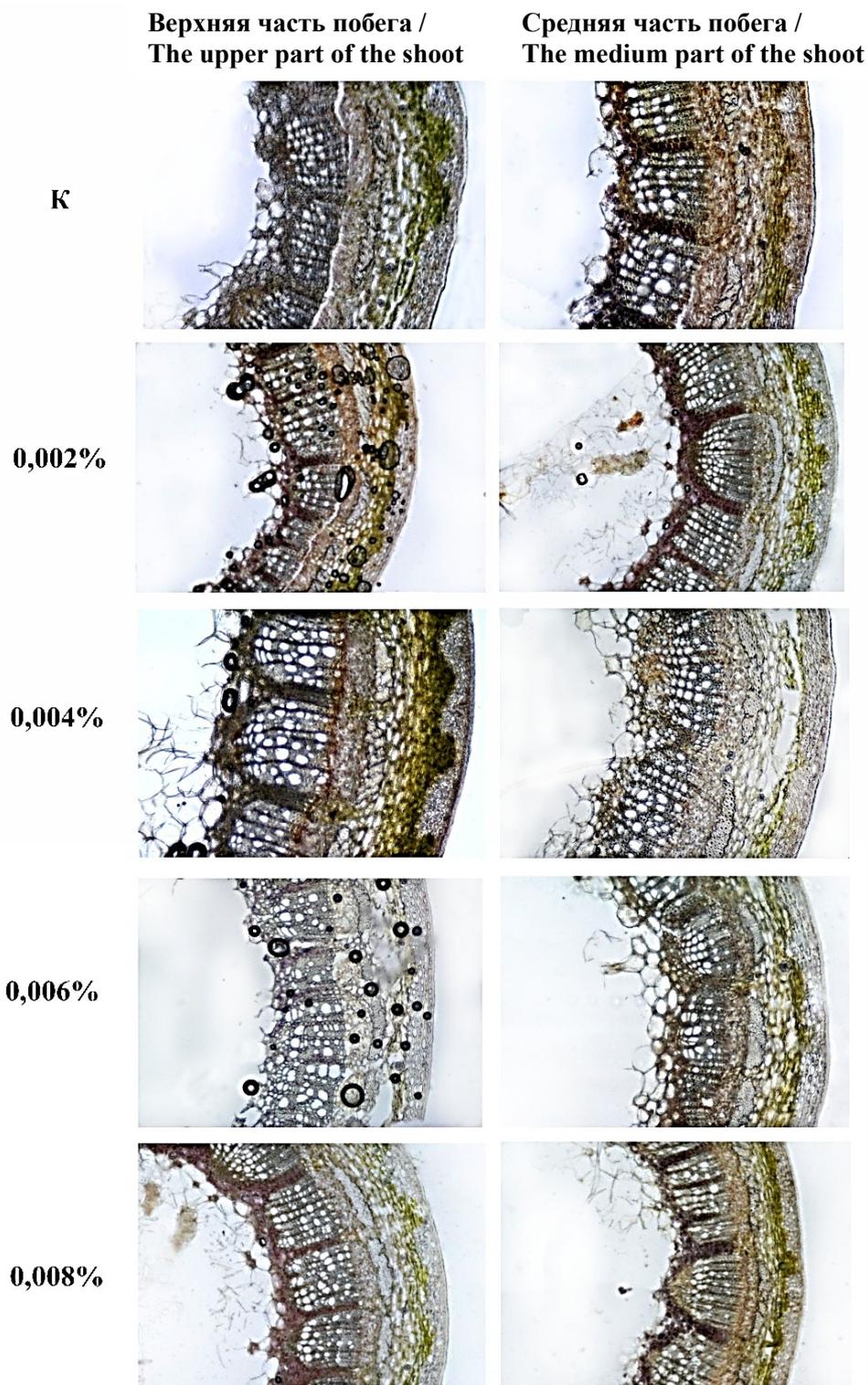


Рис. 4. Влияние некорневой обработки оксидом кремния на тканевое распределение крахмала в предзимний период, поперечные срезы однолетних побегов *Fancy Babylon Eyes*: К – контроль; 0,002; 0,004; 0,006; 0,008 % – концентрации оксида кремния. Окраска раствором йода, микроскопия – увеличение 80x (2021 г.) /

Fig. 4. The effect of foliar treatment with silicon oxide on the tissue distribution of starch in the pre-winter period, cross-sections of annual shoots of *Fancy Babylon Eyes*: К – control; 0.002; 0.004; 0.006; 0.008 % – concentrations of silicon oxide. Iodine staining, microscopy – 80x magnification (2021)

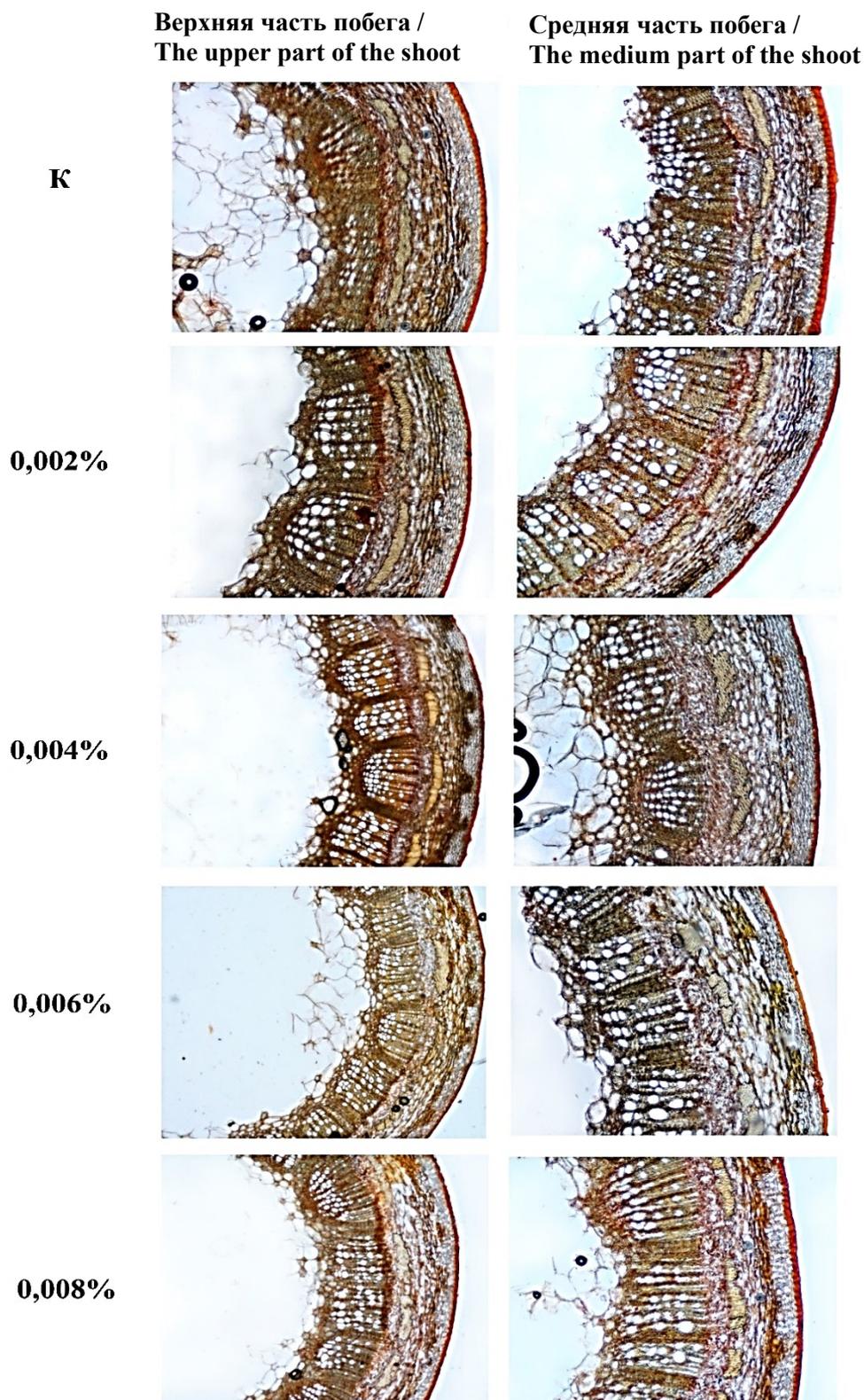


Рис. 5. Влияние некорневой обработки оксидом кремния на тканевое распределение липидов в предзимний период поперечные срезы однолетних побегов *Fancy Babylon Eyes*: К – контроль; 0,002; 0,004; 0,006; 0,008 % – концентрации оксида кремния. Окраска раствором Судан III. Микроскопия – увеличение 80x (2021 г.)

Fig. 5. Effect of non-root treatment with silicon oxide on tissue lipid distribution in the pre-winter period cross-sections of annual shoots of *Fancy Babylon Eyes*: К – control; 0.002; 0.004; 0.006; 0.008 % – concentrations of silicon oxide. Staining with Sudan III solution. Microscopy – 80x magnification (2021)

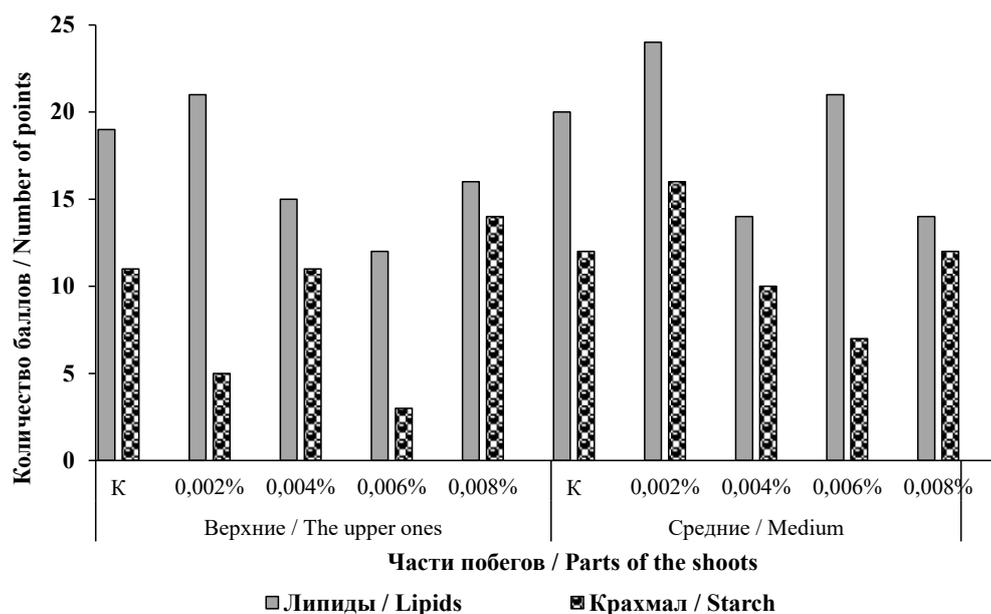


Рис. 6. Влияние некорневой обработки оксидом кремния на содержание крахмала и липидов в однолетних побегах розы *Fancy Babylon Eyes*: К – контроль; 0,002; 0,004; 0,006; 0,008 % – концентрации оксида кремния (в среднем за 2021 г.) /

Fig. 6. The effect of foliar treatment with silicon oxide on the starch and lipid content in annual shoots of *Fancy Babylon Eyes*: К – control; 0,002; 0,004; 0,006; 0,008 % – concentrations of silicon oxide (average for 2021)

Из полученных результатов трёхлетних исследований сорт розы *Fancy Babylon Eyes* предлагается отнести к абсолютно зимостойким, которые легко переносят низкие температуры, не нуждаются в пригибании и дополнительной защите в условиях города Ижевска. Этот сорт розы можно рекомендовать для использования в промышленном цветоводстве открытого грунта в условиях Удмуртской Республики.

**Выводы.** 1. Некорневая обработка роз сорта *Fancy Babylon Eyes* оксидом кремния повлияла на морфологические качества растений (высоту кустов и количество побегов), но отмечена лишь тенденция к увеличению этих показателей. При обработке растений раствором оксида кремния в концентрациях 0,006 и 0,008 % толщина эпидермиса увеличилась на 35,8 и 49,4 %

соответственно по сравнению с контрольной группой.

2. В группе растений, обработанных 0,002-процентным водным раствором оксида кремния (IV), гидролиз крахмала наблюдался как в верхней, так и в средней части побега, превращение крахмала в липиды происходило интенсивнее, поэтому растения этой группы к зимнему периоду подготовлены лучше.

3. Сорт розы *Fancy Babylon Eyes* в исследуемые годы (2019–2021) обладал высокой зимостойкостью (5 баллов), устойчивостью к низким температурам в зимний период. С целью повышения зимостойкости кустов роз рекомендуем использовать водный раствор оксида кремния (IV) в концентрациях 0,006 и 0,008 %, применяя ежегодную трехкратную некорневую обработку.

#### Список литературы

1. Тахтаджян А. Л. Система и филогения цветковых растений. М.–Л.: Наука, 1966. 611 с.
2. Шишкин О. К. Розы на Среднем Урале. Цветоводство. 1991;(3):32–33.
3. Коробов В. И. Новые перспективные сорта садовых роз для декоративного оформления. Научные труды НИИ горного садоводства и цветоводства. Сочи, 1983. Т. 30. Вып. 1. С. 81–85.
4. Marko N., Korsakova S. Phenological response to the climate change of oil-bearing rose under subtropical conditions of the Southern coast of the Crimea. *Acta Horticulturae*. 2019;1257:175–182.  
DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1257.25>
5. Бессчетнова М. В. Сезонная динамика запасных веществ в побегах роз разной зимостойкости. Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1973;(3):91–95.

6. Васильева О. Ю. Оценка зимостойкости видов и сортов роз с использованием гистохимических методов. Садоводство и виноградарство. 2016;(3):29–34. DOI: <https://doi.org/10.18454/VSTISP.2016.3.1919> EDN: VZYFSB
7. Акимова С. В., Киркач В. В., Аладина О. Н., Деменко В. И., Стрелец В. Д., Паничкин Л. А., Воскобойников Ю. В., Скрипицына Е. К. Применение препаратов «Силиплант» и «Экофус» на этапе адаптации к нестерильным условиям клонового подвоя яблони 54-118. Плодоводство и ягодоводство России. 2019;59:11–18. DOI: <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2019-59-11-18> EDN: TQLCWJ
8. Адаховский Д. А. Сезонное развитие природы на территории Ижевска и его окрестностей, и его особенности в условиях современной климатической тенденции. Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2011;(2):3–12. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16405571> EDN: NVABYZ
9. Николаев А. А. Климатические ресурсы солнечной радиации на территории Удмуртской Республики. Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2012;(4):115–121. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18303769> EDN: PKOBVD
10. Epstein E. The anomaly of silicon in plant biology. Proceedings of the National Academy of Sciences. 1994;91(1):11–17. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.91.1.11>
11. Матыченков В. В., Бочарникова Е. А., Кособрухов А. А., Биль К. Я. О подвижных формах кремния в растениях. Доклады Академии наук. 2008;418(2):279–281. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9590909> EDN: IBWVJD
12. Ma J. F., Tamai K., Yamaji N., Mitani N., Konishi S., Katsuhara M., et al. A silicon transporter in rice. Nature. 2006;440:688–691. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature04590>
13. Козлова М. В. Эколого-биологические особенности *Rosa glauca* Pourr., *Rosa canina* L., *Rosa majalis* Herrm. при использовании в качестве подвоев садовых роз в лесостепи Западной Сибири. Самарский научный вестник. 2021;10(4):61–67. DOI: <https://doi.org/10.17816/snv2021104109> EDN: RZJRCO
14. Васильева О. Ю., Амброс Е. В., Козлова М. В. Адаптивный потенциал подвоя *Rosa canina* L., полученного *in vitro*, в условиях юга Западной Сибири. Сельскохозяйственная биология. 2022;57(3):579–590. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.3.579rus> EDN: IXHSKH
15. Бессчетнов В. П., Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов П. В. Наследственная обусловленность видоспецифичности тополей по содержанию крахмала в тканях побегов. Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2021;25(1):22–31. DOI: <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2021-1-22-31> EDN: YPBBZN
16. Тихомирова Л. И., Базарнова Н. Г., Синицына А. А. Гистохимическое изучение клеток ксилемы у *Iris sibirica* L. в культуре *in vitro*. Химия растительного сырья. 2017;(1):37–49. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017011527> EDN: YGDKUV
17. Найда Н. М., Дюндиков Е. Э. Сравнительное анатомическое исследование вегетативных органов двух сортов роз. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2022;(1(66)):17–28. DOI: <https://doi.org/10.24412/2078-1318-2022-1-17-28> EDN: XZHBCA

### References

1. Takhtadzhyan A. L. The system and phylogeny of flowering plants. Moscow–Leningrad: Nauka, 1966. 611 p.
2. Shishkin O. K. Roses in the Middle Urals. *Tsvetovodstvo* = Floriculture. 1991;(3):32–33. (In Russ.).
3. Korobov V. I. New promising cultivars of garden roses for decoration. Scientific papers of the Research Institute of Mountain Gardening and Floriculture. Sochi, 1983. Vol. 30. Iss. 1. pp. 81–85
4. Marko N., Korsakova S. Phenological response to the climate change of oil-bearing rose under subtropical conditions of the Southern coast of the Crimea. *Acta Horticulturae*. 2019;1257:175–182. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1257.25>
5. Besschetnova M. V. Seasonal dynamics of reserve substances in shoots of roses of different winter hardiness. *Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki Kazakhstana*. 1973;(3):91–95. (In Kazakhstan).
6. Vasilyeva O. Yu. Assessment of winter hardiness of rose species and varieties using histochemical methods. *Sadovodstvo i vinogradarstvo* = Horticulture and viticulture. 2016;(3):29–34. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18454/VSTISP.2016.3.1919>
7. Akimova S. V., Kirkač V. V., Aladina O. N., Demenko V. I., Strelets V. D., Panichkin L. A., Voskoboynikov Yu. V., Skripitsyna E. K. Application of Siliplant and Ecofus drugs at the stage of adaptation to the unsterile conditions of the clone root of the apple 54-118. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii* = Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2019;59:11–18. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2019-59-11-18>
8. Adakhovskiy D. A. Seasonal development of the nature in territory of Izhevsk and its vicinities and its features in conditions of the modern climatic tendency. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle* = Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences. 2011;(2):3–12. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16405571>

9. Nikolaev A. A. Climatic resources of solar radiation in the territory of the Udmurt republic. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle* = Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences. 2012;(4):115–121. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18303769>
10. Epstein E. The anomaly of silicon in plant biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1994;91(1):11–17. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.91.1.11>
11. Matychenkov V. V., Bocharnikova E. A., Kosobryukhov A. A., Bil' K. Ya. On mobile forms of silicon in plants. *Doklady Akademii nauk*. 2008;418(2):279–281. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9590909>
12. Ma J. F., Tamai K., Yamaji N., Mitani N., Konishi S., Katsuhara M., et al. A silicon transporter in rice. *Nature*. 2006;440:688–691. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature04590>
13. Kozlova M. V. Ecological and biological features of *Rosa glauca* Pourr., *Rosa canina* L., *Rosa majalis* Herrm. in using as rootstocks of garden roses in the forest-steppe of Western Siberia. *Samarskiy nauchnyy vestnik* = Samara Journal of Science. 2021;10(4):61–67. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17816/snv2021104109>
14. Vasilyeva O. Yu., Ambros E. V., Kozlova M. V. The adaptive potential of the *Rosa canina* L. rootstock obtained *in vitro* in the conditions of the south of Western Siberia. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2022;57(3):579–590. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2022.3.579rus>
15. Besschetnov V. P., Besschetnova N. N., Besschetnov P. V. Genetic dependence of poplar species specificity on starch content in shoots tissues. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik*. 2021;25(1):22–31. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2021-1-22-31>
16. Tikhomirova L. I., Bazarnova N. G., Sinityna A. A. Histochemical study xylem cells have *Iris sibirica* L. in culture *in vitro*. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* = Chemistry of plant raw material. 2017;(1):37–49. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017011527>
17. Nayda N. M., Dyundikov E. E. Comparative anatomical study of vegetative organs of two varieties of roses. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University. 2022;(1(66)):17–28. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/2078-1318-2022-1-17-28>

#### *Сведения об авторах*

✉ **Ардашева Ольга Альбертовна**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник отдела интродукции и акклиматизации растений, ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Татьяны Барамзиной, д. 34, г. Ижевск, Российская Федерация, 426067, e-mail: [udnc@udman.ru](mailto:udnc@udman.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6828-4802>, e-mail: [o.ardashewa@yandex.ru](mailto:o.ardashewa@yandex.ru)

**Федоров Александр Владимирович**, доктор с.-х. наук, профессор, и.о. заведующего кафедрой ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», ул. Тимирязевская, д. 49, г. Москва, Российская Федерация, 127550, e-mail: [info@rgau-msha.ru](mailto:info@rgau-msha.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2759-2037>

**Сергеева Ксения Сергеевна**, аспирант кафедры физиологии, клеточной биологии и биотехнологии, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», ул. Университетская, д. 1, г. Ижевск, Российская Федерация, 426034, e-mail: [rector@udsu.ru](mailto:rector@udsu.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3358-9611>

#### *Information about the authors*

✉ **Olga A. Ardasheva**, PhD in Agricultural Science, senior researcher, Department of Plant Introduction and Acclimatization, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, T. Baramzina, 34, Izhevsk, Russian Federation, 426067, e-mail: [udnc@udman.ru](mailto:udnc@udman.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6828-4802>, e-mail: [o.ardashewa@yandex.ru](mailto:o.ardashewa@yandex.ru)

**Alexander V. Fedorov**, DSc in Agricultural Science, professor, Acting Head of the Department of Landscape Architecture, Russian Timiryazev State Agrarian University, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, Russian Federation, 127550, e-mail: [info@rgau-msha.ru](mailto:info@rgau-msha.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2759-2037>

**Ksenia S. Sergeeva**, postgraduate student, the Department of Physiology, Cell Biology and Biotechnology, Udmurt State University, Universitetskaya 1, Izhevsk, Russian Federation, 426034, e-mail: [rector@udsu.ru](mailto:rector@udsu.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3358-9611>

✉ – Для контактов / Corresponding author