

Людмила Геннадьевна Елисеева¹, Дарья Владимировна Сими́на^{2✉}, Петр Иванович Токарев³, Валерий Николаевич Зеленков⁴, Вячеслав Васильевич Латушкин⁵

^{1,2,3}Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

⁴Всероссийский НИИ овощеводства – филиал ФНЦ овощеводства, Москва, Россия

⁵Институт социально-экономических стратегий и технологий развития, Москва, Россия

¹eliseeva.lg@rea.ru

²daria.simina@mail.ru

³tokarev.pi@rea.ru

⁴zelenkov-raen@mail.ru

⁵slavalat@yandex.ru

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ВИДОВ БИОКОРРЕКТОРОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И НУТРИЕНТНЫМ СОСТАВОМ МИКРОЗЕЛЕНИ КАК ИСТОЧНИКА ПИЩЕВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ

Цель исследования – разработать механизмы управления активностью процесса фотосинтеза отдельных видов микрозелени в процессе вегетации в условиях замкнутой системы фитотрона городского типа для получения максимально возможного, генетически обусловленного содержания эссенциальных фитотонутриентов, которые могут впоследствии использоваться в качестве источника функциональных ингредиентов в рационе питания для профилактики алиментарных заболеваний. Представлены результаты разработки основных элементов биотехнологии выращивания микрозелени в условиях фитотрона городского типа. Полученные результаты характеризуют эффективность регуляции активности метаболических процессов, протекающих при выращивании микрозелени в условиях фитотрона городского типа путем управления отдельными элементами биотехнологического процесса – оптимизацией технологии проращивания семян, интенсивностью и спектром светового освещения, дифференциацией суточного температурного и светового режима, использованием индивидуальных и/или комплексных биоиндукторов для управления качеством и нутриентным составом микрозелени как источника пищевых функциональных ингредиентов для здорового питания. Установлена сравнительная эффективность обработки исследуемых культур фитоиндукторами неорганическими природой 1-герматранолом и 1-этоксисилатраном по сравнению с использованием препаратов микробиологического синтеза «Никфан», «Азотовит» и «Супер микориза». Наиболее высокие показатели по продуктивности, общему содержанию хлорофилла, каротиноидов, фенольных веществ, витамина С и общей антиоксидантной активности имели образцы, обработанные неорганическими препаратами 1-герматранолом, 1-этоксисилатраном и органическим препаратом «Супер микориза». Рекомендовано использование экологически чистой микрозелени, выращенной по оптимизированной технологии с заданным составом фитохимических соединений и высоким содержанием функциональных нутриентов для конструирования рационов для функционального и персонализированного питания.

Ключевые слова: микрозелень, фитотрон, биотехнология выращивания, органические биокорректоры, неорганические биокорректоры, фитохимические функциональные ингредиенты

Для цитирования: Изучение эффективности применения инновационных видов биокорректоров для управления качеством и нутриентным составом микрозелени как источника пищевых функциональных ингредиентов / Л.Г. Елисеева [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2025. № 1. С. 153–161. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-1-153-161.

Lyudmila Gennadievna Eliseeva¹, Daria Vladimirovna Simina^{2✉}, Petr Ivanovich Tokarev³,
Valery Nikolaevich Zelenkov⁴, Vyacheslav Vasilyevich Latushkin⁵

^{1,2,3}Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

⁴All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal Scientific Center of Vegetable Growing, Moscow, Russia

⁵Institute of Socio-Economic Strategies and Development Technologies, Moscow, Russia

¹eliseeva.lg@rea.ru

²daria.simina@mail.ru

³tokarev.pi@rea.ru

⁴zelenkov-raen@mail.ru

⁵slavalat@yandex.ru

STUDYING EFFICIENCY OF USING INNOVATIVE TYPES OF BIOCORRECTORS TO MANAGE MICROGREENS QUALITY AND NUTRIENT COMPOSITION AS A SOURCE OF FOOD FUNCTIONAL INGREDIENTS

The aim of the study is to develop mechanisms for controlling the activity of the photosynthesis process of individual types of microgreens during vegetation in a closed system of an urban-type phytotron to obtain the maximum possible, genetically determined content of essential phytonutrients, which can subsequently be used as a source of functional ingredients in the diet for the prevention of alimentary diseases. The results of the development of the main elements of biotechnology for growing microgreens in an urban-type phytotron are presented. The obtained results characterize the efficiency of regulation of the activity of metabolic processes occurring during the cultivation of microgreens in the conditions of an urban-type phytotron by controlling individual elements of the biotechnological process – optimization of seed germination technology, intensity and spectrum of light illumination, differentiation of daily temperature and light conditions, use of individual and/or complex bioinducers to control the quality and nutrient composition of microgreens as a source of food functional ingredients for healthy nutrition. The comparative efficiency of treating the studied crops with inorganic phytoinducers 1-germatranol and 1-ethoxysilatrane was established in comparison with the use of microbiological synthesis preparations Nikfan, Azotovit and Super mycorrhiza. The highest indicators for productivity, total content of chlorophyll, carotenoids, phenolic substances, vitamin C and total antioxidant activity were found in samples treated with inorganic preparations 1-germatranol, 1-ethoxysilatrane and organic preparation Super mycorrhiza. It is recommended to use environmentally friendly microgreens grown using optimized technology with a given composition of phytochemical compounds and a high content of functional nutrients for constructing diets for functional and personalized nutrition.

Keywords: microgreens, phytotron, cultivation biotechnology, organic biocorrectors, inorganic biocorrectors, phytochemical functional ingredients

For citation: Eliseeva LG, Simina DV, Tokarev PI, et al. Studying efficiency of using innovative types of biocorrectors to manage microgreens quality and nutrient composition as a source of food functional ingredients. *Bulliten KrasSAU*. 2025;(1):153–161 (In Russ.). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2025-1-153-161>.

Введение. Анализ пищевого статуса населения Российской Федерации продемонстрировал, что структура питания населения не соответствует установленным требованиям и нормам физиологической потребности организма в витаминах, микро- и макроэлементах, пищевых волокнах, минеральных веществах и антиоксидантах. Нарушения пищевого поведения населения приводит к нарушению метаболической активности, снижению резистентности и активности формирования адаптивного иммунитета, что приводит к увеличению рисков неинфек-

ционных алиментарных заболеваний, в т. ч. онкологических, снижению стрессоустойчивости, умственной активности, резистентности по отношению ко все возрастающим антропогенным факторам воздействия и работоспособности населения. По данным ВОЗ 35–40 % онкологических заболеваний обусловлены нарушением адекватного поступления фитонутриентов [1].

Основным источником минеральных веществ, витаминов, биофлавоноидов, антиоксидантов и пищевых волокон является сырье растительного происхождения, и наиболее богаты

эссенциальными фитонутриентами овощные культуры. Ежедневное употребление зеленых овощей оказывает протективный эффект и на 20–40 % снижает риск онкологических, сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета и других алиментарных заболеваний [2]. Учитывая важную роль плодоовощной продукции в питании населения, на Ассамблее ООН 2021 г. был назван «Международным годом овощей и фруктов».

Во всем мире разрабатываются дорожные карты по использованию экологически чистых ресурсосберегающих технологий, в ряду которых широкое распространение нашли «Городские фермы», по разработке экологически чистых технологий производства растительной продукции в условиях мегаполисов. Особое внимание уделяется расширению объемов производства и потребления микрозелени. Микрозелень, также называемая «зеленое конфетти», согласно исследованиям отечественных и зарубежных ученых, представляет собой класс съедобных растений на стадии появления первого настоящего листа. Микрозелень проращивают в течение 7–16 дней в зависимости от вида. Морфологические признаки микрозелени также изменяются с видом растения. Микрозелень может достигать 3–12 сантиметров в высоту. За счет разнообразной вкусовой палитры, а также многообразия ароматических дескрипторов, микрозелень пользуется большим спросом во всем мире, и на данный момент ее видов на рынке насчитывается более 50 [3, 4]. Исследования микрозелени ведутся с 2012 г. учеными США, Европы, Индии и Китая. Проведенные сравнительные исследования химического состава культур микрозелени и традиционной вегетации показали, что проростки микрозеленных культур синтезируют в 2–4 раза больше биологически активных веществ, чем традиционные аналоги. Микрозелень превосходит свои традиционные аналоги за счет более высокого содержания витаминов, фенольных соединений, фотосинтетических пигментов, минеральных веществ и общей антиоксидантной активности. Отличается более нежной консистенцией, тонким ароматом и изысканным нежным вкусом [5, 3]. Спрос на микрозелень обусловлен современным трендом здорового питания, ежегодный рост данного сегмента международного рынка, составляет 6–6,5 %. В 2023 г. мировой рынок микрозелени оценивается почти в 231 млрд долл. и через 5 лет достигнет 310–320 млрд долл.

В России и за рубежом разработаны закрытые автоматизированные системы, которые называют фитотроны или синерготроны, позволяющие выращивать в кондиционированных условиях растительную продукцию в течение всего года на минимизированном пространстве, с высоким уровнем энерго- и ресурсосбережения. Выращивание в фитотронах может осуществляться как на почвенных субстратах, так на гидропонике в беспочвенных условиях.

Цель исследования – разработать механизмы управления активностью процесса фотосинтеза отдельных видов микрозелени в процессе вегетации в условиях замкнутой системы фитотрона городского типа для получения максимально возможного, генетически обусловленного содержания эссенциальных фитонутриентов, которые могут впоследствии использоваться в качестве источника функциональных ингредиентов в рационе питания для профилактики алиментарных заболеваний.

Материалы и методы. Для вегетации микрозелени в рамках исследования использовался фитотрон городского типа. Модель фитотрона – ИСР-0.01. Фитотрон был разработан АНО «Институт стратегий развития».

Конструкционные решения позволяют моделировать в фитотроне климатические режимы, интенсивность и спектр освещения и использовать гидропонную систему для полива/питания растений. В работе представлены результаты, демонстрирующие эффективность используемых методов управления процессами метаболической активности на примере 2 культур – салата листового (*Lactuca sativa L.*), сорт Азарт, и нуга абиссинского (*Guizotia abyssinica (L.f) Cass*), сорт Липчанин, созданного в Липецком НИИ рапса.

На первом этапе проводили замачивание культур в воде в течение двух часов, после чего семена выкладывали на заранее подготовленный смоченный субстрат и распределяли по поверхности с плотностью 5–10 шт/см². В качестве субстрата использовали джутовые коврики размером 10 · 12 см, которые выкладывали по три штуки в продезинфицированные лотки для проращивания. На первом этапе вегетации растений для ограничения прохождения света использовали перфорированные крышки, которые снимали на 2–3-и сут после начала процесса вегетации микрозелени. После снятия крышек, вегетация растений продолжалась при световом режиме, продолжительность светового дня при

котором составляла 16 ч. Исследуемые растения переходили в стадию микрозелени на 12–14-е сут с момента начала вегетации.

В конце вегетационного периода проводили физико-химические исследования микрозелени, в которые входили определение содержания хлорофилла и каротиноидов по методу Лихтеналера и Велбурна [6], содержания фенольных веществ по методу Фолина-Чокальтеу [7], общей антиоксидантной активности кулонометрическим методом на приборе Эксперт-006 [8].

Изучалась эффективность использования современной линейки биорегуляторов роста растений, обладающих функцией фитоиндукторов и иммуномодуляторов. Неорганическими препаратами с высокой функциональной эффективностью считаются биокорректоры на основе соединений кремния и германия. В предварительных исследованиях была изучена сравнительная эффективность нескольких видов кремний-препаратов, наиболее значимое влияние оказал препарат 1-этоксисилатран – $\text{HOSi}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_3\text{N}$ (1-ЭС), который был изучен в данной работе. Высокой функциональной активностью воздействия на растительные объекты обладают аналоги препаратов кремния – препараты германия $\text{RGe}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_3\text{H}$, герматраны, результаты исследования приведены ниже [9]. В качестве органических биорегуляторов изучали экологически чистые биопрепараты, разрешенные к применению при выращивании культур, которые были получены путем микробиологического синтеза «Никфан», «Азотовит» и «Супер микориза» (*VЭCicular arbuscular mycorrhizal fungi*). Данные препараты имеют высокую эффективность при применении в низких концентрациях, а также имеют государственную регистрацию.

Оптимальная концентрация индивидуально для каждого исследуемого препарата устанавливалась экспериментально в ходе исследований. Обработка препаратами проводилась на начальном этапе замачивания семян. Контрольный образец семян замачивали в дистиллированной воде, а в опытные варианты индивидуально добавляли исследуемые препараты в диапазоне исследуемых концентраций.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе исследований были проведены работы по изучению влияния спектра и интенсивности освещения при выращивании в фитотроне на продуктивность, биометрические и биохимические показатели микрозелени. Было установле-

но, что фотосинтетическая часть спектра (PPFD), составляющая 134,1 мкмоль/м²с, сформированная комбинацией синих и красных светодиодных ламп в комплексе с люминесцентными лампами давала оптимальный спектр в видимом диапазоне [10]. Изучение влияния температурных режимов на продуктивность микрозелени позволило установить оптимальный температурный режим – 26–28 °С в дневное время и 17–20 °С – в ночное время. Длительность светового дня в фитотроне должна составлять 16 ч.

В настоящее время уделяется большое внимание изучению возможности регуляции продуктивности растений и их химического состава для направленной коррекции синтеза наиболее значимых функциональных БАВ. В последние годы особое внимание уделяется изучению функциональной эффективности влияния на растительные объекты в процессе выращивания препаратами группы силатранов, полученные отечественными учеными под руководством академика М.Г. Воронкова. Доказано, что силатраны вызывают повышение урожайности, устойчивости к стрессам и фитопатогенам, сохраняемости, активизируют деление клеток и синтез фитогормонов, ДНК и РНК [11]. Наиболее распространенным и широко применяемым является кремний, содержащийся в препарате 1-этоксисилатран (1-ЭС). Достоинными аналогами силатранов являются препараты германия – герматраны, синтезированные теми же авторами, и в настоящее время осуществляется анализ их функциональной активности для живых систем [12, 13]. Имеющиеся данные свидетельствуют, что герматраны активизируют ростовые процессы, синтез белковых соединений, комплекс окислительно-восстановительных ферментов. В связи с этим, в данной работе было проведено сравнение биологической эффективности силатранов и герматранов. Параллельно сравнивалась эффективность данных синтетических препаратов с известными препаратами микробиологического синтеза «Никфан» и «Азотовит». Впервые изучалась физиологическая активность в отношении микрозелени препарата «Супер микориза». Данный препарат может активизировать синтез фитогормонов микрозелени, которые могут оказать существенное влияние на активность фотосинтетических процессов.

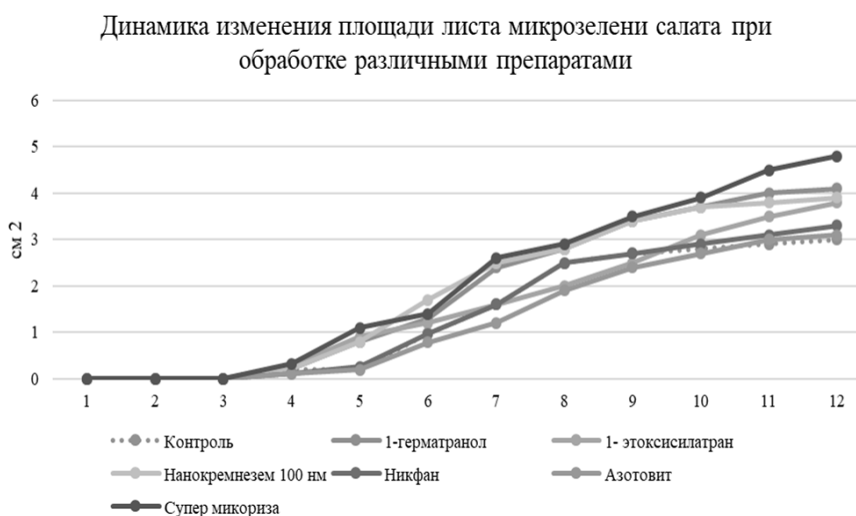
Предварительно был оптимизирован метод обработки семян микрозелени исследуемыми препаратами. Максимальный эффект был дос-

тигнут при замачивании семян в водных растворах исследуемых препаратов в течение дифференцированных промежутков времени. Оптимальная концентрация препаратов составила: для 1-ЭС и герматрана – 10^{-3} М [14]. Концентрации для органических препаратов составили 0,14; 50 и 3 % для препаратов «Никфан», «Азотовит» и «Супер микориза» соответственно. На

рисунке 1 представлены данные, характеризующие эффективность влияния исследуемых препаратов на скорость роста растений микрозелени салата и площадь листовой поверхности, так как нами было установлено, что основные питательные вещества концентрируются именно в ней.



а



б

Рис 1. Динамика высоты растений (а) и площади листа (б) микрозелени салата при обработке биокорректорами

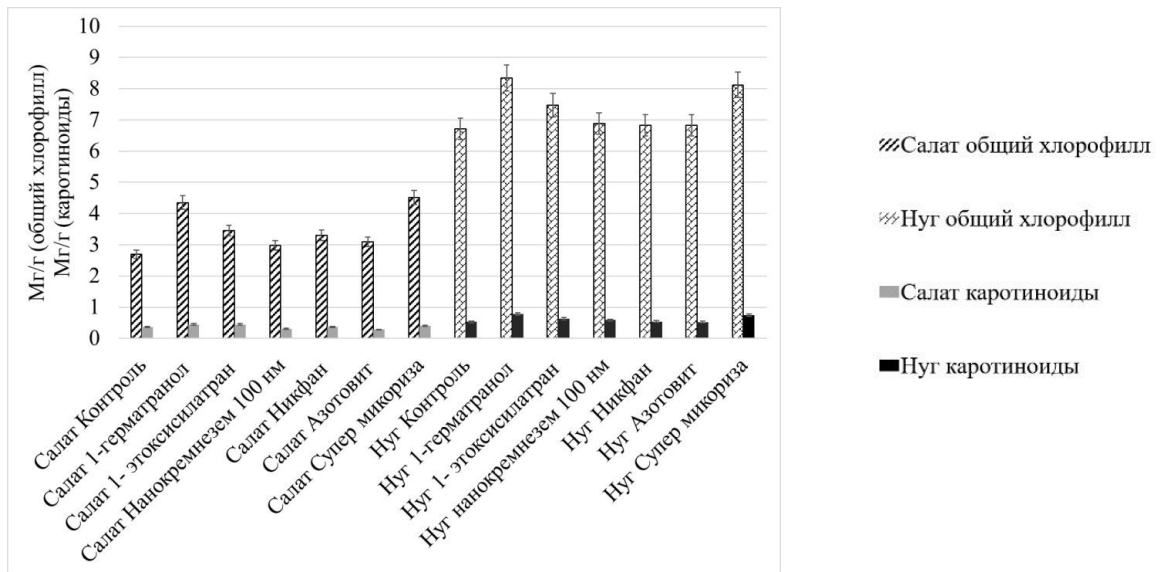
Dynamics of plant height (a) and leaf area (b) of lettuce microgreens during biocorrector treatment

Установлено, что из всех исследуемых биокорректоров препарат «Супер микориза» более эффективно влияет на набор массы растением и увеличение площади его листа. По сравнению с контрольным образцом высота микрозелени салата увеличивалась на 20 %, а площадь листа – на 60 %. Также наблюдался положитель-

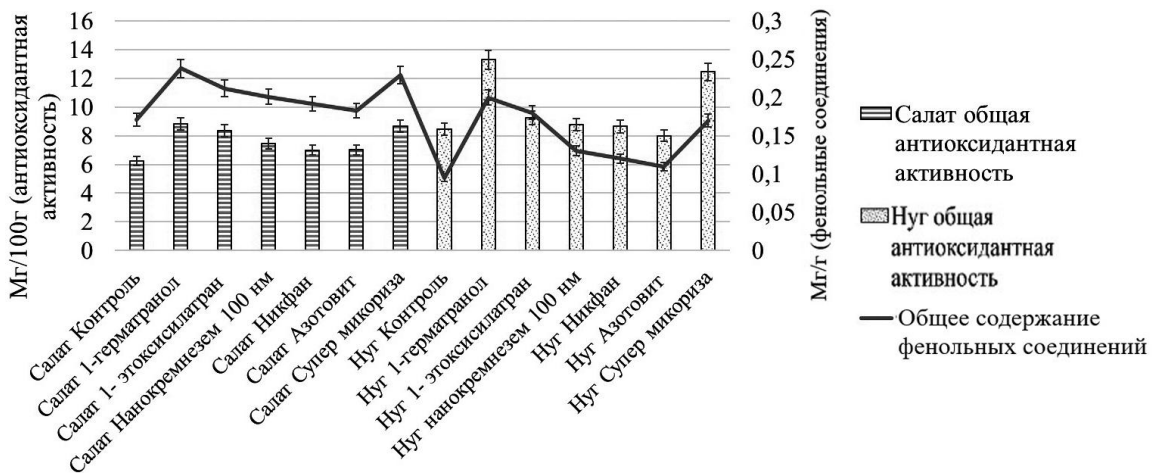
ный эффект от обработки семян микрозелени неорганическими препаратами на основе кремния и германия, которые способствовали увеличению площади листа микрозелени салата на 20–37 %. Обработка биокорректорами обеспечивала увеличение массы всех исследуемых образцов салата по сравнению с контрольным

на 50–80 %. Аналогичные закономерности биометрических показателей были установлены при исследовании влияния данных биокорректоров на микрозелень нуга. На основе полученных данных можно сделать вывод, что исследуемые биокорректоры имеют положительное действие на морфогенез растений микрозелени в процессе вегетации. Наиболее эффективным по данному признаку является органический препарат «Супер микориза».

Для изучения влияния исследуемых препаратов на синтез биологически активных соединений были установлены ключевые показатели, дающие представление о метаболической активности растений микрозелени, которая включает в себя накопление фотосинтетических пигментов, таких как хлорофилл и каротиноиды, а также о содержании фенольных соединений и общей антиоксидантной активности. Показатели по установленным маркерам представлены на рисунке 2.



а



б

Рис. 2. Содержание фотосинтетических пигментов (а) и показатели общей антиоксидантной активности и фенольных соединений (б) в микрозелени салата и нуга при обработке исследуемыми препаратами

The content of photosynthetic pigments (a) and indicators of total antioxidant activity and phenolic compounds (b) in microgreens of lettuce and nougat when treated with the studied preparations

Наибольшему накоплению фотосинтетических пигментов в микрозелени салата и нуга способствует их обработка препаратами 1-герматранол и «Супер микориза».

Микрозелень нуга и салата, на которой использовали предварительную обработку путем замачивания органическим препаратом «Супер микориза» и неорганическими препаратами на основе германия и кремния, показала более высокую антиоксидантную активность по сравнению с контрольным образцом, в котором использовали дистиллированную воду, на 39 % (нуг) и 40 % (салат) для органического препарата, 59 % (нуг) и 40 % (салат) для герматранола, 10 % (нуг) и 34 % (салат) для этоксисилатрана. Показатели содержания фенольных соединений также имели наиболее высокие значения у образцов микрозелени, обработанной препаратом на основе германия и органическим препаратом «Супер микориза».

Также за счет применения органических и неорганических препаратов в исследуемых образцах микрозелени повышалось содержание витамина С на 15 % (салат) и 13 % (нуг).

Таким образом, было установлено, что органические и неорганические препараты способствуют активации синтеза и накопления эссенциальных нутриентов в микрозелени. Наиболее эффективными препаратами, обеспечивающими высокие морфологические и физико-химические показатели, можно считать неорганические препараты на основе германия и кремния. Среди исследуемых препаратов на основе кремния наилучшие результаты по содержанию фотосинтетических пигментов, фенольных соединений и антиоксидантной активности позволяет получить препарат 1-этоксисилатран. Среди органических биокорректоров наиболее эффективным является экологически чистый препарат «Супер микориза». За счет предварительной обработки семян микрозелени путем замачивания в указанных препаратах активизируются метаболические

процессы и синтез эссенциальных биологически активных веществ в микрозелени.

Такие препараты как гидротермальный нанокремнезем с различной размерностью частиц, «Азотовит» и «Никфан» в меньшей степени стимулировали повышение продуктивности и синтез фитонутриентов в микрозелени. Доказанная эффективность исследуемых препаратов на единичных видах взрослых растений была подтверждена на 14 перспективных видах микрозелени, которые планируется выращивать в фитотроне.

Заключение. По результатам исследования можно отметить, что наибольшую эффективность при обработке микрозелени показывают препарат органической природы «Супер микориза» и препарат, синтезированный на основе германия. Данные препараты способствуют активации ростовых процессов и продуктивности, увеличению листовой поверхности растений, увеличению синтеза фотосинтетических фитонутриентов хлорофилла а и b, каротиноидов, витамина С, повышают содержание фенольных соединений и антиоксидантов. Препараты «Супер микориза» и 1-герматранол были рекомендованы для внедрения в биотехнологию производства микрозелени с повышенным пищевым статусом в условиях фитотрона городского типа.

Полученные результаты характеризуют потенциальную эффективность регуляции активности метаболических процессов, протекающих при выращивании микрозелени в условиях фитотрона городского типа путем управления отдельными элементами биотехнологического процесса – оптимизацией технологии проращивания семян, интенсивностью и спектром светового освещения, дифференциацией суточного температурного и светового режима, использованием индивидуальных и/или комплексных биоиндукторов для управления качеством и нутриентным составом микрозелени, как источника пищевых функциональных ингредиентов для здорового питания.

Список источников

1. Коденцева В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В., и др. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы // Вопросы питания. 2017. Т. 86, № 4. С. 113–118. EDN: ZFTKLT.
2. Zurbau A, Au-Yeung F, Blanco Mejia S, et al. Relation of different fruit and vegetable sources with incident cardiovascular outcomes: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Journal of the American Heart Association*. 2020;9(19):e017728. <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.017728>. EDN: GAAKKY.
3. Ebert A. Sprouts and Microgreens – Novel Food Sources for Healthy Diets. *Plants*. 2022;11(4):571. <https://doi.org/10.3390/plants11040571>.

4. Пашкевич А., Чайковский А. Микрозелень – функциональный продукт XXI века // Наука и инновации. 2021. № 11 (225). С. 58–63. EDN: PYPUXY.
5. Caracciolo F., El-Nakhel C., Raimondo M., et al. Sensory attributes and consumer acceptability of 12 microgreens species. *Agronomy*. 2020;10(7):1043. <https://doi.org/10.3390/agronomy10071043>. EDN: DNXVWQ.
6. Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochem. Soc. Trans.* 1983;(5):591-592. <https://doi.org/10.1042/bst0110591>.
7. Di-Bella M., Niklas A., Toscano S. Morphometric characteristics, polyphenols and ascorbic acid variation in *Brassica oleracea* L. novel foods: sprouts, microgreens and baby leaves. *Agronomy*. 2020;10 (6):782. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060782>. EDN: TIGTJZ.
8. Анализатор кулонометрический «Эксперт-006»: руководство по эксплуатации и методика поверки. М., 2008. 41 с.
9. Воронков М.Г., Барышок В.П. Разработка метода синтеза биологически активных германийорганических соединений на основе хлорпроизводных этилена // Вестник РАН. 2010. Т. 80, № 11. С. 985–992. EDN: NUGTPB.
10. Елисеева Л.Г., Симица Д.В., Зеленкова В.Н., и др. Оптимизация биотехнологии получения микрозелени как источника функциональных пищевых ингредиентов в условиях синерготрона городского типа // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2024. № 1 (84). С. 21–28. <https://doi.org/10.33979/2219-8466-2023-84-1-21-27>. EDN: PSYOBM.
11. Зеленков В.Н., Потапов В.В. Биологическая активность соединений кремния. Ч. 1. Природные и синтетические кремнийсодержащие соединения. Медико-биологические аспекты (обзор литературы) // Вестник РАЕН. 2016. № 2. С. 3–12. EDN: WHPDGV.
12. Стрелкова М.А., Кириллова Н.В., Слепян Л.И. Рост культивируемых клеток *rapax quinquefolius*, выращенных на среде с герматраном «LX-5» и динамика активности антиоксидантных ферментов в процессе их роста // Растительные ресурсы. 2004. Т. 40, № 1. С. 95–103. EDN: OIXPSL.
13. Шигарова А.М., Грабельных О.И., Барышок В.П., и др. Возможные механизмы влияния герматранола на термоустойчивость проростков пшеницы // Прикладная биохимия и микробиология. 2016. № 4. С. 410–415. <https://doi.org/10.7868/S0555109916040152>. EDN: WDPCJX.
14. Simina D, Eliseeva L, Zelenkov V, et al. The influence of treatments with silicon preparations and organic preparations on the physiological activity of salad and niger seed microgreens when growing in an urban phytotron. *E3S Web of Conferences*. Volume 451 (2023). 2nd International Conference on Environmental Sustainability Management and Green Technologies (ESMGT 2023). Novosibirsk, 2023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345103005>.

References

1. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Risnik DV, et al. Micronutrient status of population of the russian federation and possibility of its correction. State of the problem. *Voprosy pitaniya*. 2017;86(4):113-118. (In Russ.). EDN: ZFTKLT.
2. Zurbau A, Au-Yeung F, Blanco Mejia S, et al. Relation of different fruit and vegetable sources with incident cardiovascular outcomes: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Journal of the American Heart Association*. 2020;9(19):e017728. <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.017728>. EDN: GAAKKY.
3. Ebert A. Sprouts and Microgreens – Novel Food Sources for Healthy Diets. *Plants*. 2022;11(4):571. <https://doi.org/10.3390/plants11040571>.
4. Pashkevich A, Chajkovskij A. Microgreens are a functional product of the 21st century. *Nauka i innovacii*. 2021;(11):58-63. (In Russ.). EDN: PYPUXY.
5. Caracciolo F, El-Nakhel C, Raimondo M, et al. Sensory attributes and consumer acceptability of 12 microgreens species. *Agronomy*. 2020;10(7):1043. <https://doi.org/10.3390/agronomy10071043>. EDN: DNXVWQ.
6. Lichtenthaler HK, Wellburn AR. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochem. Soc. Trans.* 1983;(5):591-592. <https://doi.org/10.1042/bst0110591>.

7. Di-Bella M, Niklas A, Toscano S. Morphometric characteristics, polyphenols and ascorbic acid variation in *Brassica oleracea* L. novel foods: sprouts, microgreens and baby leaves. *Agronomy*. 2020;10 (6):782. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060782>. EDN: TIGTJZ.
8. Coulometric analyzer "Expert-006": operation manual and verification procedure. M., 2008. 41 p. (In Russ.).
9. Voronkov MG, Baryshok VP. Development of a method for the synthesis of biologically active organo-germanium compounds based on ethylene chlorine derivatives. *Vestnik RAN*. 2010;80 (11):985-992. (In Russ.). EDN: NUGTPB.
10. Eliseva LG, Simina DV, Zelenkov VN, et al. Optimization of biotechnology for obtaining microgreens as a source of functional food ingredients under synergetron conditions. *Tehnologija i tovarovedenie innovacionnyh pishhevyyh produktov*. 2024;(1):21-28. (In Russ.). <https://doi.org/10.33979/2219-8466-2023-84-1-21-27>. EDN: PSYOBM.
11. Zelenkov VN, Potapov VV. Biological activity of silicon compounds. P. 1. Natural and organosilicon compounds. Medico-biological aspects (a review). *Vestnik RAEN*. 2016;(2):3-12. (In Russ.). EDN: WHPDGV.
12. Strelkova MA, Kirillova NV, Slepyan LI. Growth of cultivated cells of *Panax quinquefolius* L., grown on medium with germatranum ("Lx-5") and dynamics of antioxidant ferments activity in the process of their growth. *Rastitel'nye resursy*. 2004;40(1):95-103. (In Russ.). EDN: OIXPSL.
13. Shigarovaa AM, Grabelnycha OI, Baryshokb VP, et al. Impossible mechanisms of germatranol influence on the thermal stability of wheat germs. *Prikladnaja biohimija i mikrobiologija*. 2016;(4):410-415. <https://doi.org/10.7868/S0555109916040152>. (In Russ.). EDN: WDPCJX.
14. Simina D, Eliseeva L, Zelenkov V, et al. The influence of treatments with silicon preparations and organic preparations on the physiological activity of salad and niger seed microgreens when growing in an urban phytotron. E3S Web of Conferences. Volume 451 (2023). 2nd International Conference on Environmental Sustainability Management and Green Technologies (ESMGT 2023). Novosibirsk, 2023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345103005>.

Статья принята к публикации 24.12.2024 / The article accepted for publication 24.12.2024.

Информация об авторах:

Людмила Геннадьевна Елисеева¹, профессор кафедры товарной экспертизы и таможенного дела, доктор технических наук, профессор

Дарья Владимировна Сими́на², младший научный сотрудник кафедры товарной экспертизы и таможенного дела, аспирант

Петр Иванович Токарев³, заведующий кафедрой товарной экспертизы и таможенного дела, доктор биологических наук, профессор

Валерий Николаевич Зеленков⁴, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, главный научный сотрудник отдела растительных ресурсов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Вячеслав Васильевич Латушкин⁵, ведущий научный сотрудник отдела промышленных биотехнологий, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Lyudmila Gennadievna Eliseeva¹, Professor at the Department of Commodity Expertise and Customs Affairs, Doctor of Technical Sciences, Professor

Daria Vladimirovna Simina², Junior Researcher, Department of Commodity Expertise and Customs Affairs, Postgraduate student

Petr Ivanovich Tokarev³, Head of the Department of Commodity Expertise and Customs Affairs, Doctor of Biological Sciences, Professor

Valery Nikolaevich Zelenkov⁴, Chief Researcher at the Department of Selection and Seed Production, Chief Researcher of the Department of Plant Resources, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Vyacheslav Vasilyevich Latushkin⁵, Leading Researcher, Industrial Biotechnology Department, Candidate of Agricultural Sciences