ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ НАНОКРЕМНЕЗЕМ В ПОЛУЧЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ САЛАТНОЙ ПРОДУКЦИИ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОЙ АГРОБИОТЕХНОСИСТЕМЫ

HYDROTHERMAL NANOSILICA IN THE PRODUCTION OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY SALAD PRODUCTS WITH DESIRED PROPERTIES IN A CLOSED AGROBIOTECHNOLOGICAL SYSTEM

В.Н.Зеленков^{1,2,3}, д.с.-х.н., проф., гл. науч. сотр., (ORCID: 0000-0001-5481-2723), В.В.Латушкин¹, к.с.-х.н., вед. науч. сотр., (ORCID: 0000-0003-1406-8965), Л.Г.Елисеева⁴, д.т.н., проф., (ORCID: 0000-0003-2715-9989), И.Б.Леонова⁴, к.т.н., доцент, (ORCID: 0000-0002-9653-9056), В.В.Потапов⁵, д.т.н., проф., гл. науч. сотрудник, (ORCID: 0000-0001-6959-3324), М.И.Иванова³, д.с.-х.н., проф. РАН, гл. науч. сотр., (ORCID: 0000-0001-7326-2157), П.А.Верник¹, директор АНО "ИСП", (ORCID: 0000-0001-5850-7654) / zelenkov-raen@mail.ru
V.N.Zelenkov^{1,2,3}, Doct. of Sc. (Agriculture), Prof., Chief Researcher, (ORCID: 0000-0001-5481-2723), V.V.Latushkin¹, Cand. of Sc. (Agriculture), Lead. Researcher, L.G.Eliseeva⁴, Doct. of Sc. (Technical), Prof., I.B.Leonova⁴, Cand. of Sc. (Technical), Docent, V.V.Potapov⁵, Doct. of Sc. (Technical), Prof., Chief Researcher, (ORCID: 0000-0001-6959-3324), M.I.Ivanova³, Doct. of Sc. (Agriculture), Prof. of RAS, Chief Researcher, P.A.Vernik¹, Director

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.3-4.206.220

Получено: 15.06.2020 г.

Экспериментально проверена возможность управления качеством салатной продукции в условиях закрытой агробиотехносистемы с регулируемыми условиями с помощью обработки кремнийсодержащими препаратами: комплексным препаратом гидротермального нанокремнезема с синтетическим аналогом фитогормона ауксина – крезацином, в соотношении его с кремнеземом, аналогичным с кремнийорганическим компонентом 1-хлорметилсилатраном, зарегистрированным в России регуляторе роста растений – препарате "Энергия М". Применение гидротермального нанокремнезема с синтетическим фитогормоном крезацином дает возможность целенаправленно изменять химический состав и получать продукцию заданного качества. Влияние нанокремнезема на качество продукции носит комплексный многосторонний характер: улучшаются органолептические свойства продукции, снижается содержание остаточных количеств нитратов и токсичного элемента свинца, повышаются доля сухих веществ, уровень антиоксидантной активности и накопление витамина С. Значительно (до 2–3 раз) увеличивается содержание в листьях витаминов группы В. Лежкоспособность продукции

¹ Автономная некоммерческая организация «Институт стратегий развития», Москва, Россия / Independent NPO Institute for Socio-Economic Strategies and Development Technologies (Institute for Development Strategies), Moscow, Russia.

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», Москва, Россия / All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia.

³ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО), Московская область, Раменский район, д. Веря, Россия / All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – the branch of FSBSI "Federal Scientific Center of Vegetable Growing".

⁴ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский экономический университет им. Г.В.Плеханова», Москва, Россия / Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia.

⁵ ФГБНУ Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия / Far Eastern Branch of the RAS, FSBSI "Research Geotechnological Center".

повышается за счет снижения потерь воды (обезвоживания) при хранении. Выявлен существенный стимулирующий эффект на тест-культуры *Paramecium caudatum* и *Daphnia magna*, что дает основание предполагать высокий уровень пищевой безопасности, а также эффект появления у салата новых свойств – проявление биологической активности, способствующей улучшению среды обитания для объектов биотестирования, что привело к повышению их жизненной активности и продуктивности. Полученные данные могут быть использованы в практических целях для выращивания салатной продукции с управляемым обогащенным химическим составом и повышенной пищевой и биологической ценностью.

The possibility of controlling the quality of salad products under conditions of a closed agrobiotechnical system with controlled conditions by processing with silicon-containing preparations was tested experimentally: a complex preparation of hydrothermal nanosilica with synthetic analogue of phytohormone auxin, crezacin, in relation to silica, similar to organosilicon component 1-chloromethyl in Russia plant growth – the Energia M preparation. The use of hydrothermal nanosilica with synthetic phytohormone crezacin makes it possible to purposefully change the chemical composition and obtain products of a given quality. The effect of nanosilica on product quality is complex multilateral: organoleptic properties of the product are improved, the content of residual amounts of nitrates and the toxic element of lead is reduced, the proportion of solids, the level of antioxidant activity and the accumulation of vitamin C are increased. The content in leaves significantly (up to 2–3 times) vitamins of group B. The shelf life of products is increased by reducing water loss (dehydration) during storage. A significant stimulating effect on the test cultures of *Paramecium caudatum* and *Daphnia magna* was revealed, which gives reason to assume a high level of food safety, as well as the effect of the appearance of new properties in the salad – a manifestation of biological activity that improves the living environment for biotesting objects, which manifested itself in an increase in their vital activity and productivity. The data obtained can be used for practical purposes for growing salad products with a controlled enriched chemical composition and increased nutritional and biological value.

INTRODUCTION

The issue of food quality management is of great scientific and practical importance. Product quality is defined as "the totality of the characteristics of food products that meet the stated requirements and including its safety, consumer properties, energy and nutritional value, authenticity, ability to meet human food needs under normal conditions of use in order to ensure the preservation of human health" [1]. The "Strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030" emphasizes that the consumption of food products with low consumer properties is the reason

for the decline in the quality of life and the development of a number of diseases of the population, therefore, it is necessary to create mechanisms to ensure good nutrition, disease prevention, increase the duration and increase quality of life of the population through the production and circulation on the market of food products of appropriate quality [1].

In recent years, there has been an increase in requirements for the quality of food products and an increase in consumer interest in healthy organic and functional products [2–4]. The popularity of organic products is associated with the fear that in

modern conditions of intensive agriculture, natural products are increasingly being replaced by low-quality, grown with excessive use of chemicals [5, 6]. Another important and promising direction in improving the quality of food products is associated with the development of technologies for producing food products with desired properties, including functional ones [7, 8]. The need to create conditions for the production of new-generation food products with specified quality characteristics is emphasized in the "Strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030" [1].

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос управления качеством продуктов питания имеет большое научное и практическое значение. Качество продукции определяется как "совокупность характеристик пищевой продукции, соответствующих заявленным требованиям и включающих ее безопасность, потребительские свойства, энергетическую и пищевую ценность, аутентичность, способность удовлетворять потребности человека в пище при обычных условиях использования в целях обеспечения сохранения здоровья человека" [1]. В "Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года" подчеркивается, что потребление пищевой продукции с низкими потребительскими свойствами является причиной снижения качества жизни и развития ряда заболеваний населения, поэтому необходимо создание механизмов обеспечения полноценного питания, профилактики заболеваний, увеличения продолжительности и повышения качества жизни населения путем производства и обращения на рынке пищевой продукции надлежащего качества [1].

В последние годы отмечается повышение требований к качеству продуктов питания и рост заинтересованности потребителя в здоровых органических и функциональных продуктах [2–4]. Популярность органических продуктов связана с опасением, что в современных условиях интенсивного сельского хозяйства натуральные продукты все больше и больше заменяются

низкокачественными, выращенными при неумеренном использовании средств химизации [5, 6]. Другое важное и перспективное направление в повышении качества продуктов питания связано с разработкой технологий получения продуктов питания с заданными свойствами, в том числе функциональных [7, 8]. Необходимость создания условий для производства пищевой продукции нового поколения с заданными характеристиками качества подчеркнута в "Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года" [1].

Таким образом, в современных условиях остро стоит вопрос о поисках путей и способов управления качеством и пищевой безопасностью продукции. Однако в естественных, природных условиях урожайность и качество продукции регулировать затруднительно из-за резких колебаний условий выращивания [9–14]. В этом аспекте представляют большой интерес технологии выращивания растений в замкнутых агробиотехносистемах с управляемыми условиями роста растений (климатические камеры, фитотроны, синерготроны и т.д.). При выращивании растений в контролируемых условиях замкнутой агроэкосистемы возможно направленное изменение метаболизма растений и получение продукции с контролируемым химическим составом и биологической активностью [15–18].

Одним из элементов технологии управления качеством в агробиотехносистемах является использование биологических стимуляторов

Thus, in modern conditions there is an acute question of finding ways and means of managing the quality and food safety of products. However, in natural, natural conditions, yield and product quality are difficult to regulate due to sharp fluctuations in growing conditions [9–14]. In this aspect, technologies of growing plants in closed agrobiotechnological systems with controlled plant growth conditions (climate chambers, phytotrons, synergotrons, etc.) are of great interest. When growing plants under controlled conditions of a closed agroecosystem,

a directed change in the plant metabolism and production with controlled chemical composition and biological activity is possible [15–18].

One of the elements of quality management technology in agrobiotechnological systems is the use of biological stimulators and plant growth regulators that increase metabolic activity and plant resistance to stress [19–23]. Particularly promising as plant growth stimulants are nanoscale forms of silicon (a review of studies in this direction was published by us in 2020 [24]. Studies conducted with open and

protected soil plants have shown high efficiency in the application of silicon-based preparations for foliar dressing, not only increasing productivity, but also increasing the accumulation of biologically valuable substances in products.

However, the characteristics of plant metabolism and the formation of product quality indicators in closed ecosystems remain virtually unstudied. Therefore, the aim of the work is to establish the ability to control the quality of products (for example, lettuce leaf) by using nanoscale silicon in closed agrobiotechnological

и регуляторов роста растений (РРР), повышающих активность метаболизма и стрессоустойчивость растений [19–23]. Особенно перспективны в качестве стимуляторов роста растений наноразмерные формы кремния (обзор исследований в данном направлении опубликован нами в журнале "НАНОИНДУСТРИЯ" в 2020 году [24]. Исследования, проведенные с растениями открытого и защищенного грунта, показали высокую эффективность применения при некорневых подкормках кремнийсодержащих препаратов, не только повышающих урожайность, но и увеличивающих накопление биологически ценных веществ в продукции.

Однако в целом особенности метаболизма растений и формирование показателей качества продукции в замкнутых экосистемах остаются практически не изученными. Поэтому целью работы является установление возможности управления качеством продукции (на примере салата листового) путем использования наноразмерного кремния в закрытых агробиотехносистемах с регулируемой средой для роста и развития растений. Работа является продолжением цикла наших исследований по применению соединений кремния в закрытых агробиотехносистемах [17, 25–29].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования проведены в экспериментальной установке ИСР 0.1 конструкции АНО "Институт стратегий развития" (Москва). В качестве объекта исследований использовали салат листовой (*Lactuca sativa* L.) сорта "Балет",

Рис.1. Внешний вид экспериментальной установки ИСР 0.1 (разработка АНО "Институт стратегий развития", Москва)

Fig.1. Appearance of the experimental installation ISR 0.1 (development of ANO "Institute of Development Strategies", Moscow)

systems with a controlled environment for the growth and development of plants. This work is a continuation of our research cycle on the use of silicon compounds in closed agrobiotechnological systems [17, 25–29].

MATERIALS AND METHODS

Experimental studies were carried out in the experimental installation ISR 0.1 design ANO "Institute for Development Strategies", Moscow, (see Fig.1). As an object of research, we used leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) of the Ballet variety, grown in hydroponic culture according to

the generally accepted growing technology. The illumination intensity was 130–135 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$, the duration of daylight hours was 17 hours, the spectrum was polychromatic with a predominance of red and blue lights. The composition of the nutrient solution (in mg/l): N – NH_4 – 5; P is 41; K – 275; Ca – 100; Mg – 24; S – 30; Fe – 0.94; Mn – 0.14; B – 0.16; Cu – 0.03; Zn – 0.13; Mo – 0.03; pH – 5.7–6.0; EU – 1.5–2. Temperature was 25°C. The scheme of sowing seeds 100×80 mm, 3 seeds per nest. There were three repetitions. The duration of the growing period is

32 days from the moment of emergence of seedlings (the phase of full germination is fixed on 3 days after sowing seeds).

Silicon-containing preparations of different compositions were taken for study: natural hydrothermal nanosilica (GNA) and the product of the chemical synthesis Energia M (based on 1-chloromethylsilatran). In the composition of both drugs, the phytohormone krezacin (triethanolammonium salt of orthocresoxyacetic acid, a synthetic analogue of the auxin phytohormone) was used as the second component, which enhances the

выращенный в гидропонной культуре по общепринятой технологии выращивания. Интенсивность освещения составила 130–135 мкмоль/м²·с, продолжительность светового дня 17 ч, спектр полихромный с преобладанием красного и синего света. Состав питательного раствора (в мг/л): N-NH₄ – 5; P – 41; K – 275; Ca – 100; Mg – 24; S – 30; Fe – 0,94; Mn – 0,14; B – 0,16; Cu – 0,03; Zn – 0,13; Mo – 0,03; pH – 5,7–6,0; ЕС – 1,5–2. Температура 25°C. Схема посева семян 100×80 мм, по три семени в гнездо. Повторность трехкратная. Длительность периода выращивания 32 суток с момента появления всходов (фаза полных всходов зафиксирована на третьи сутки после посева семян).

Для изучения взяты кремнийсодержащие препараты разного состава: природный гидротермальный нанокремнезем (ГНК) и продукт химического синтеза "Энергия М" (на основе 1-хлорметилсилатрана). В составе обоих препаратов в качестве второго компонента использовали фитогормон крезацин (триэтаноламмониевая соль ортокрезоксиуксусной кислоты, синтетический аналог фитогормона ауксина), усиливающий эффективность основного компонента. Обработку проводили методом некорневого опрыскивания листьев салата 0,005%-ными растворами препаратов на дистиллированной воде в фазу 4–5 листьев (18 день вегетации растений). Обработку салатной культуры в контроле проводили дистиллированной водой.

Анализировали следующие параметры качества: органолептическая оценка

по ГОСТ Р. 547032011, содержание сухих веществ по ГОСТ 28561-90, содержание нитратов по ГОСТ 29270-95, витамина С по ГОСТ 24556-89, витаминов группы В – методом капиллярного электрофореза на приборе "Капель-105", антиоксидантная активность – фотоколориметром PHOTOCHEM Analytik Jena AG, содержание свинца по ГОСТ Р 51301-99. Дополнительно определяли содержание сухих веществ и остаточной влаги с использованием анализатора влажности MX-50, A&D Company (Япония). При исследовании образцов салата проводили подготовку образцов для анализа, подвергая их воздушно-теневого сушке при комнатной температуре (22±3°C) в течение трех недель. Для определения содержания сухих веществ в образцах салата и остаточной влажности готовили навески по 6 г крупнонарезанных листьев салата и проводили ИК-сушку при фиксированной температуре в 105°C до постоянной массы. Для комплексной оценки качества продукции использовали метод биотестирования с использованием *Paramecium caudatum* и *Daphnia magna* по методике, описанной в работе [17]. Потери массы при хранении определяли после 11 суток хранения (в % от исходной массы). Хранение проводили в эксикаторах с притертыми крышками при комнатной температуре.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

Экспериментально проверена возможность управления качеством салатной продукции

effectiveness of the main component. The treatment was carried out by the method of foliar spraying of lettuce with 0.005% solution of the preparations in distilled water in the phase of 4–5 leaves (18 day plant vegetation). Processing salad culture in the control was carried out with distilled water.

The following quality parameters were analyzed: organoleptic assessment according to GOST R. 547032011, dry matter content – according to GOST 28561-90, nitrate content – according to GOST 29270-95, vitamin C – according to GOST 24556-89, group B vitamins – by capillary electrophoresis

on the device "Drops 105", antioxidant activity – with a PHOTOCHEM Analytik Jena AG photocolormeter, lead content – according to GOST R 51301-99. Additionally, the solids content and residual moisture were determined using a MX-50 moisture analyzer, A&D Company (Japan). In the study of lettuce samples, samples were prepared for analysis, subjecting them to air-shadow drying at room temperature (22 ± 3°C) for 3 weeks. To determine the solids content in lettuce samples and residual moisture, 6 g of coarsely cut lettuce leaves were prepared and IR-dried at a fixed temperature of 105°C to

constant weight. For a comprehensive assessment of product quality, a biotesting method was used using *Paramecium caudatum* and *Daphnia magna* according to the method described in [17]. Mass losses during storage were determined after 11 days of storage (in % of the initial mass). Storage was carried out in desiccators with ground covers at room temperature.

RESULTS AND DISCUSSION

The possibility of controlling the quality of salad products under conditions of a closed agrobiotechnological system with controlled

в условиях закрытой агробиотехносистемы с регулируемыми условиями с помощью обработки кремнийсодержащими препаратами и регуляторами роста растений. Результаты проведенных исследований показали перспективность данного подхода, так как природный нанокремнезем и продукт химического синтеза "Энергия М" оказывают комплексное многостороннее воздействие и способствуют формированию продукции с улучшенными свойствами.

Положительный эффект гидротермального нанокремнезема на формирование органолептических свойств продукции

Оценку внешнего вида товарной продукции проводили по комплексному показателю: внешнему виду, учитывающему цвет, размеру, форме, развитости листовой системы, наличию мелких, некондиционных листьев, уровню товарности продукции в целом.

Результаты эксперимента показывают возможность путем применения гидротермального нанокремнезема улучшать внешний вид листьев салата, повышая тем самым товарность продукции и ее привлекательность для потребителя (табл.1, рис.2). Внешний вид отражает общее состояние растений и является маркером активности метаболизма, фотосинтетических и ростовых процессов. Таким образом, нанокремнезем способствовал формированию растений с большей листовой массой, более развитых за счет комплекса физиолого-биохимических воздействий.

Таблица 1. Оценка товарной продукции салата по внешнему виду

Table 1. Assessment of marketable salad products in appearance

№ п.п.	Вариант Variant	Средний балл по органолептической оценке (по 5-балльной шкале) The average score for organoleptic assessment (on a 5-point scale)
1	Контроль (без обработки) Control (w/o treatment)	3,5
2	"Энергия М" Energia M	4,5
3	ГНК + крезацин GNA + Crezacin	5,0

Отметим, что кремний в форме кремнийорганического соединения – 1-хлорметилсилатрана с крезацином (препарат "Энергия М") также был эффективным для повышения уровня товарного вида продукции, однако уступающим по количественным показателям новой форме бинарного стимулятора роста растений при замене синтетического кремнийорганического соединения на гидротермальный нанокремнезем, полученный по природоподобным технологиям из камчатских термальных вод с использованием технологии ультрафильтрации.

conditions by processing with silicon-containing preparations and plant growth regulators (PPP) was experimentally verified. The results of the studies showed the prospects of this approach, since natural nanosilica and the product of the chemical synthesis of Energia M have a comprehensive multilateral impact and contribute to the formation of products with improved properties:

The positive effect of hydrothermal nanosilica on the formation of organoleptic properties of products

Assessment of the appearance of marketable products was carried

out according to a comprehensive indicator: the appearance, taking into account color, size, shape, development of the leaf system, the presence of small, standard leaves, the level of marketability of the product as a whole.

The results of the experiment show the possibility by using hydrothermal nanosilica to improve the appearance of lettuce leaves, thereby increasing the marketability of products and their attractiveness to consumers (see Table 1, Fig.2). Appearance reflects the general condition of plants and is a marker of metabolic activity, photosynthetic and

growth processes. Thus, nanosilica contributed to the formation of plants with greater leaf mass, more developed due to a complex of physiological and biochemical effects.

We note that silicon in the form of an organosilicon compound: 1-chloromethylsilatran with crezacin (Energia M preparation) was also effective in increasing the level of presentation of the product, however it was inferior in quantitative terms to the new form of the binary plant growth stimulator when replacing a synthetic organosilicon compound with hydrothermal nanosilica

Рис.2. Вид растений салата перед уборкой урожая: сверху – контроль, снизу – растения, обработанные гидротермальным нанокремнеземом с крезацином

Fig.2. Type of lettuce plants before harvesting: at the top control, below – plants treated with hydrothermal nanosilica with krezacin

Повышение доли сухих веществ при обработке растений гидротермальным нанокремнеземом

Содержание сухих веществ и потери влаги при сушке оценивали двумя способами – по ГОСТ 28561-90 и с использованием анализатора влажности MX-50, A&D Company (Япония) с досушиванием образцов при постоянной температуре 105 °С.

obtained on nature-friendly technologies from Kamchatka thermal waters using ultrafiltration technology.

The increase in the proportion of solids in the treatment of plants with hydrothermal nanosilica

The solids content and moisture loss during drying were evaluated in two ways – according to GOST 28561-90 and using a moisture analyzer MX-50, A&D Company (Japan) with drying of the samples at a constant temperature of 105 °С.

When assessing GOST 28561-90, the solids content increased

when using the composition of GNA + crezacin by 1.2% compared with the control. Note that the use of the Energia M preparation was less effective compared to the use of hydrothermal nanosilica. The increase in the solids content in lettuce was only 0.3% (see Fig.3).

During infrared drying of lettuce leaf samples at 105 °С, the increase in dry matter (r.v.) had a similar value – 1.2% for GNA and 0.4% for the Energia M preparation (Table 2).

The absolute values of the mass fraction of r.v. were slightly lower than when determined by drying

Рис.3. Влияние обработки кремнийсодержащими препаратами на содержание сухих веществ в листьях салата

Fig.3. The effect of treatment with silicon-containing drugs on the dry matter content of lettuce

При оценке ГОСТ 28561-90 содержание сухих веществ возросло при использовании состава ГНК+крезацин на 1,2% по сравнению с контролем. Отметим, что использование препарата "Энергия М" оказалось менее эффективным по сравнению с использованием гидротермального нанокремнезема. Повышение содержания сухих веществ в салате составило только 0,3% (рис.3).

При инфракрасном досушивании образцов листьев салата при 105° С прирост сухого вещества (с.в.) имел сходное значение – 1,2% для ГНК и 0,4% для препарата "Энергия М" (табл.2).

Абсолютные значения массовой доли с.в. были несколько ниже, чем при определении методом высушивания по ГОСТ (например,

according to GOST (for example, in control, these values were 7.4% according to GOST and 6.0% on an IR analyzer), which can be explained by the difference in drying conditions with different methods. However, despite some differences in the absolute values of r.v., the nature of the influence of the studied drugs had similar trends.

The accumulation of nitrates and toxic elements in lettuce when using silicon-containing preparations with crezacin

The accumulation of nitrates in lettuce decreased after treatment

Таблица 2. Содержание сухих веществ в листьях салата, определенных при инфракрасной сушке на анализаторе влажности MX-50, A&D Company (Япония)

Table 2. The solids content in lettuce, determined by infrared drying on a moisture analyzer MX-50, A&D Company (Japan)

Вариант Variant	Потери воды при воздушно-теновой сушке нативных образцов при температуре 22°C Water losses during air-shadow drying of native samples at a temperature of 22°C	Остаточная влажность при высушивании нативных образцов при 105°C до постоянного веса Residual humidity when drying native samples at 105°C to constant weight	Содержание сухих веществ, % Dry solids content, %	Прирост доли сухих веществ, % The increase in the share of solids, %
Контроль (без обработки) Control (w/o treatment)	94,4	94,0	6,0	-
"Энергия М" Energia M	94,6	93,6	6,4	+ 0,4
ГНК + крезацин GNA + Crezacin	94,7	92,8	7,2	+ 1,2

в контроле эти значения составили 7,4% по ГОСТ и 6,0% на ИК-анализаторе), что можно объяснить различием условий сушки при разных методиках. Однако, несмотря на некоторые различия в абсолютных значениях с.в., характер влияния исследуемых препаратов имел схожие тенденции изменения.

Накопление нитратов и токсических элементов в листьях салата при использовании кремнийсодержащих препаратов с крезацином

Накопление нитратов в листьях салата снизилось после обработки кремнийсодержащими препаратами (табл.3). Превышения ПДК по свинцу не отмечено ни в контрольном, ни в опытных вариантах.

Накопление токсичного элемента свинца снизилось в 8,5 раз (ГНК+крезацин), в 7 раз ("Энергия М"). Превышения ПДК по свинцу не отмечено ни в контрольном, ни в опытных вариантах.

Эффект повышения антиоксидантной активности продукции при обработке растений салата гидротермальным нанокремнеземом

Важнейшая функция антиоксидантов заключается в предотвращении реакций с участием активных форм кислорода (АФК), они выполняют функцию антагониста нерегулируемых превращений АФК. АФК играют важную роль в физиологии растений, участвуют в регуляции процессов роста и защите растений от неблагоприятных факторов, но образование больших количеств АФК губительно для живых систем. Многие АФК представляют собой свободные радикалы и активизируют протекание свободнорадикальных реакций. При окислительном

стрессе в растениях может возникать сверхнакопление АФК, которые могут разрушать мембраны и другие клеточные структуры. Поэтому важная роль растительных антиоксидантов заключается в прерывании радикальных окислительных процессов. У растений АФК образуются в электронно-транспортной цепи хлоропластов. Кроме того, в растительных организмах протекают разнообразные биохимические реакции, в результате которых образуются свободные радикалы разной природы, защитой от которых служат также антиоксиданты с разным механизмом действия. Поэтому важность антиоксидантов заключается в обеспечении адаптации растений к неблагоприятным факторам, утилизации АФК и предотвращении накопления в клетках свободных

Таблица 3. Содержание нитратов и токсичного элемента свинца в продукции салата при обработке регуляторами роста растений

Table 3. The content of nitrates and the toxic element of lead in the production of lettuce when processed by plant growth regulators

Вариант Variant	Нитраты, мг/кг Nitrates, mg/kg	Свинец, мг/кг Lead, mg/kg
Контроль (без обработки) Control (w/o treatment)	124	0,077
"Энергия М" Energia M	112	0,011
ГНК + крезацин GNA + Crezacin	112	0,009

Рис.4. Влияние обработки кремнийсодержащими препаратами на антиоксидантную активность листьев салата
Fig.4. The effect of treatment with silicon-containing drugs on the antioxidant activity of lettuce

радикалов. Антиоксидантная активность определяется активностью ферментов антиоксидантной системы и содержанием химических соединений неферментной природы. К антиоксидантам неферментной природы относятся фенольные вещества, биофлавоноиды, каротиноиды, витамин С и многие другие. В растениях установлено более 5 тыс. соединений, обладающих антиоксидантным эффектом.

Антиоксидантная активность растений салата, обработанного гидротермальным нанокремнеземом в сочетании с крезацином, возросла по сравнению с контролем на 14,4% (рис.4). Отметим, что использование при обработке растений препарата "Энергия М" оказалось менее

эффективным по показателю антиоксидантной активности (повышение на 7,1% по сравнению с контролем). В настоящее время сложно говорить о биологических механизмах, вызывающих рост антиоксидантной активности растительных тканей в присутствии соединений кремния, однако суммарный видимый эффект очевиден.

Эффект повышения содержания витаминов в салатной продукции при обработке растений салата гидротермальным нанокремнеземом

В эксперименте установлено значительное (до 3 раз по сравнению с контролем) повышение содержания витаминов группы В в листьях салата вследствие применения ГНК с крезацином (рис.5). Механизмы такого резкого изменения только предстоит выявить.

Содержание аскорбиновой кислоты в листьях салата при использовании состава ГНК + крезацин также возросло (10,3% по сравнению с 8,95% в контроле), но в меньшей степени, чем витаминов группы В. Применение препарата "Энергия М" оказалось не эффективным в плане увеличения содержания витамина С.

Повышение лежкоспособности салатной продукции после обработки растений ГНК с крезацином

Листья салата относятся к скоропортящейся продукции, даже при соблюдении рекомендуемых температурных режимов хранения. Связано это прежде всего с большим содержанием влаги и большой площадью листьев (суммарной

with silicon-containing preparations (see Table 3). The excess of MPC for lead was not noted either in the control or in the experimental versions.

The accumulation of the toxic element of lead decreased 8.5 times (GNA + krezacin), 7 times (Energia M). The excess of MPC for lead was not observed in the control nor in experimental versions.

The effect of increasing the antioxidant activity of products during the processing of lettuce plants with hydrothermal nanosilica

The most important function of antioxidants is to prevent

reactions involving reactive oxygen species (ROS); they act as an antagonist of unregulated ROS transformations. ROS play an important role in plant physiology, are involved in the regulation of growth processes and protect plants from adverse factors, but the formation of large amounts of ROS is detrimental to living systems. Many ROS are free radicals and activate the course of free radical reactions. During oxidative stress, over-accumulation of AFO can occur in plants, which can destroy membranes and other cellular structures. Therefore, the

important role of plant antioxidants is to interrupt radical oxidative processes. In plants, ROS are formed in the electron transport chain of chloroplasts. In addition, various biochemical reactions occur in plant organisms as a result of which free radicals of different nature are formed, antioxidants with different mechanisms of action also protect them. Therefore, the importance of antioxidants is to ensure the adaptation of plants to adverse factors, the utilization of ROS and the prevention of the accumulation of free radicals in cells. Antioxidant activity is determined by the

Рис.5. Влияние обработки кремнийсодержащими препаратами на содержание витаминов группы В в листьях салата
Fig.5. Effect of treatment with silicon-containing preparations on the content of B vitamins in lettuce

поверхности испарения). Поэтому поиск способов уменьшения потерь влаги при хранении имеет большое народнохозяйственное значение.

В экспериментах естественная убыль массы за 11 суток хранения уменьшилась при использовании состава ГНК+крезацин на 8,1%, в случае применения препарата "Энергия М" – на 5,4% по сравнению с контролем (рис.6).

Вероятно, обработка кремнийсодержащими препаратами влияет на структуру растительных клеток и тканей и повышает их

Рис.6. Потери массы при хранении листьев салата в %, в зависимости от обработки кремнийсодержащими препаратами
Fig.6. Weight loss during storage of lettuce leaves, % depending on the treatment with silicon-containing preparations

влагоудерживающую способность. Эти результаты имеют большое практическое значение, могут быть успешно использованы для разработки технологии послеуборочного хранения салатов в условиях розничной торговли, предприятий ресторанного бизнеса и фермерских хозяйствах.

Комплексная оценка качества продукции с использованием методики биотестирования

Комплексная оценка качества продукции с использованием методики биотестирования

Результаты биотестирования выращенной продукции (тест-культура *Daphnia magna*) показали,

activity of enzymes of the antioxidant system and the content of chemical compounds of non-enzymatic nature. Non-enzymatic antioxidants include phenolic substances, bioflavonoids, carotenoids, vitamin C and many others. More than 5000 compounds with antioxidant effect have been found in plants.

The antioxidant activity of lettuce plants treated with hydrothermal nanosilica in combination with crezacin increased by 14.4% compared with the control (see Fig.4). Note that the use of the preparation Energia M in the treatment of plants turned out to

be less effective in terms of antioxidant activity (an increase of 7.1% compared with the control). At present, it is difficult to talk about biological mechanisms that cause an increase in the antioxidant activity of plant tissues in the presence of silicon compounds, however, the total visible effect is obvious.

The effect of increasing the content of vitamins in salad products when processing salad plants with hydrothermal nanosilica

The experiment established a significant (up to 3 times in comparison with the control) increase in

the content of B vitamins in lettuce due to the use of GNK with crezacin (see Fig.5). The mechanisms for such a drastic change have yet to be identified.

The content of ascorbic acid in lettuce when using the composition of GNA + crezacin also increased (10.3% compared with 8.95% in the control), but to a lesser extent than vitamins of group B. The use of the Energia M preparation was not effective in terms of increasing vitamin C content.

Improving the keeping quality of salad products by treating plants

Рис.7. Потери массы при хранении листьев салата в %, в зависимости от обработки кремнийсодержащими препаратами

Fig.7. Weight loss during storage of lettuce leaves, % depending on the treatment with silicon-containing preparations

что обработка растений салата листового изученными в эксперименте регуляторами роста растений не только не вызывает рост биотоксичности по сравнению с контролем, но и оказывает стимулирующее действие на развитие простейших (рис.7). Препараты ГНК с крезацином и "Энергия М" существенно (до 5-ти крат) увеличивают активность тест-культур

Daphnia magna, что дает основание утверждать, что салат, выращенный с обработкой кремнийсодержащими РРР, имеет более высокую пищевую ценность, высокий уровень пищевой безвредности по сравнению с контролем. Салат листовой сорта "Балет" после обработки указанными препаратами приобрел новое качество, а именно биологически активные свойства, повышающие физиологические возможности биологических тест-культур относительно контроля. Это позволяет говорить о наличии биологической активности у листьев салата, то есть о появлении нового качества у овощных растений, обработанных регуляторами роста. Наиболее сильно эффект выражен при обработке составом ГНК + крезацин. Эффективность препарата "Энергия М" также достаточно велика, но уступает нанокремнезему в комплексе с крезацином.

Использование другой тест-культуры (*Paramecium caudatum*) также показало наличие стимулирующего эффекта изученных препаратов (число клеток в 100 мкл среды в контроле составило 11,7, при применении препарата "Энергия М" – 18,7, состава ГНК+крезацин – 22,3).

Сопоставление результатов химических анализов качества и биотестирования показало, что путем обработки регуляторами роста качество продукции улучшается и данный способ управления качеством может использоваться при выращивании зеленых культур.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспериментально показана возможность управления качеством продукции салата листового

with GNC with crezacin after treatment

Lettuce is a perishable product, even if the recommended storage temperature is observed. This is due primarily to the high moisture content and large leaf area (total evaporation surface). Therefore, the search for ways to reduce moisture loss during storage is of great economic importance.

In the experiments, the natural weight loss over 11 days of storage decreased by 8.1% when using the composition of GNA + Crezacin, in the case of using the Energia M preparation – by 5.4%

compared with the control (see Fig.6).

It is likely that treatment with silicon-containing preparations affects the structure of plant cells and tissues and increases their water-holding ability. These results are of great practical importance, can be successfully used to develop technology for post-harvest storage of salads in retail, restaurant business and farms.

Integrated product quality assessment using biotesting techniques

The results of biotesting of grown products (test culture *Daphnia*

magna) showed that the treatment of leaf lettuce plants with experimentally studied plant growth regulators not only does not cause an increase in biotoxicity compared to the control, but also has a stimulating effect on the development of protozoa (see Fig.5). GNA preparations with krezacin and Energia M significantly (up to 5 times) increase the activity of *Daphnia magna* test cultures, which suggests that salad grown in conditions has a higher nutritional value, a high level of food safety compared to control. After processing the Ballet leaf variety

в закрытых агробиотехносистемах путем применения гидротермального нанокремнезема и кремнийсодержащего состава "Энергия М".

Использование препаратов изменяет метаболизм растений и приводит к формированию продукции с повышенной пищевой и биологической ценностью.

Гидротермальный нанокремнезем в сочетании с крезацином способствовал увеличению содержания сухих веществ в листьях салата и повышению их антиоксидантной активности в 1,2 раза, витамина С – в 1,2 раза, витамина В₂ – в 2,3 раза, витамина В₅ – в 1,6 раза, витамина В₆ – в 3,3 раза, витамина В₉ – в 2,8 раза; уменьшил потери массы после хранения в 2 раза, тяжелого металла свинца в 8,6 раза по сравнению с контролем (необработанными растениями).

Отмечено повышение биологической активности продукции (стимулирование развития тест-культур), то есть появление нового качества у овощных растений, обработанных кремнийсодержащими наноструктурными регуляторами роста. По результатам биотестирования токсические эффекты от применения регуляторов роста отсутствовали. При этом число тест-культуры *Daphnia magna* в 100 мл среды составило 55,6 шт. против 12,3 шт. в контрольном варианте.

Выявлено, что стимулятор роста растений на основе гидротермального нанокремнезема, полученного с использованием природоподобных технологий на основе ультрафильтрации, в комплексе с синтетическим фитогормоном

Таблица 4. Результаты биотестирования растений салата, обработанных кремнийсодержащими препаратами (тест-культура *Paramecium caudatum*)

Table 4. The results of biotesting of lettuce plants treated with silicon-containing preparations (test culture *Paramecium caudatum*)

Вариант Variant	Количество клеток тест-культуры в 10 мкл культуральной жидкости The number of test culture cells in 10 µl of culture fluid	Прирост, % от контроля Growth, % of control
Контроль (без обработки) Control (w/o treatment)	11,7	-
"Энергия М" Energia M	18,7	+59,8%
ГНК + крезацин GNA + Crezacin	22,3	+190,6%

крезацином, превосходит по эффективности существующий в России стимулятор роста "Энергия М", состоящий из крезацина и кремнийорганического соединения 1-хлорметилсилатрана.

Показана перспектива возможности управления качеством растительной продукции в закрытых агробиотехносистемах с регулируемой средой путем использования некорневых обработок указанными регуляторами роста. Применение

after processing with the indicated preparations, it acquired a new quality, namely biologically active properties that increase the physiological capabilities of biological test cultures with respect to control. This suggests the presence of biological activity in lettuce leaves, i.e. emergence of a new quality in vegetable plants treated with growth regulators. The effect is most pronounced when treated with the composition of GNA + crezacin. The effectiveness of the Energia M preparation is also quite large, but inferior to nanosilica in combination with crezacin.

The use of another test culture (*Paramecium caudatum*) also showed the presence of a stimulating effect of the studied drugs (the number of cells in 100 µl of the medium in the control was 11.7, with the use of the Energia M preparation – 18.7, the composition of GNA + crezacin – 22.3).

Comparison of the results of chemical analyzes of quality and biotesting showed that through processing by growth regulators the quality of products improves, and this quality management method can be used when growing green crops.

CONCLUSIONS

The possibility of controlling the quality of lettuce salad products in closed agrobiotechnological systems by using hydrothermal nanosilica and a silicon-containing composition Energia M.

The use of drugs changes the metabolism of plants and leads to the formation of products with high nutritional and biological value.

Hydrothermal nanosilica in combination with crezacin increased the solids content in lettuce leaves and increased their antioxidant activity by 1.2 times,

их считается экологически чистым инструментом для снижения нагрузки химических веществ в сельском хозяйстве (удобрения и пестициды) и в то же время для повышения устойчивости растений к стрессу, увеличения продуктивности растений с достижением повышенного уровня качества экологически чистой продукции для здорового питания.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. "Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года". Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 года № 1364-р.
2. Ebert A.W., Wu T.H., Yang R.Y. (2014). Amaranth sprouts and microgreens: A homestead vegetable production option to enhance food and nutrition security in the rural-urban continuum. Families, farms, Food: Sustaining small scale vegetable production and marketing systems for food and nutrition security. Proceedings SEAVEG. Bangkok, Thailand 25-27 February 2014.
3. Kyriacou M.C., Rouphael Y., Di Gioia F., Kyrtatzis A., Serio F., Renna M. et al. (2016). Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. Trends Food Sci. Technol. 57, 103-115. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.005>.
4. Kyriacou M.C., Rouphael Y. (2018). Towards a new definition of quality for fresh fruits and vegetables. Sci. Hort. 234, 463-469. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.046>.
5. Борисов В.А., Литвинов С.С. Перспективы развития органического земледелия в овощеводстве РФ / Сб. науч. тр. РАЕН. 2016. № 3. С. 98-103.
6. Manuel C. Molles. Ecology: Concepts and Applications. 7th Edition. - McGraw-Hill Education, 2015-592 p. ISBN 9780077837280.
7. Поверин Д.И. Новый подход к адекватному пищевому обеспечению населения планеты Земля // "Ноосфера - планета разума". Материалы международной научно-практической онлайн-конференции / Издание осуществлено при поддержке АНО "Институт стратегий развития". - М.: ТЕХНОСФЕРА, 2017. С. 413-429.
8. Гинс М.С., Пивоваров В.Ф., Гинс В.К., Кононов П.Ф., Дерканосова Н.М. Научное обеспечение инновационных технологий при создании функциональных продуктов на основе овощных культур // Овощи России. 2014. № 1 (22). С. 4-9
9. Литвинов С.С. Научные основы современного овощеводства. - М.: ВНИИО, 2008. 776 с.
10. Алексеев Ю.В. Качество растениеводческой продукции. - М.: Колос, 1978. 256 с.
11. Авдонин Н.С. Почвы, удобрения и качество растениеводческой продукции. - М.: Колос, 1979. 303 с.
12. Толстоусов В.П. Удобрения и качество продукции. - М.: Агропромиздат, 1987. 235 с.
13. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. В 3 т. Т. 1. Проблемы адаптации в сель-

vitamin C by 1.2 times, vitamin B₂ by 2.3 times, and vitamin B₅ by 1.6 times, vitamin B₆ - 3.3 times, vitamin B₉ - 2.8 times; reduced mass loss after storage by 2 times, heavy lead metal by 8.6 times compared with control (untreated plants).

An increase in the biological activity of the products (stimulation of the development of test cultures), i.e. emergence of a new quality in vegetable plants treated with silicon-containing nanostructured growth regulators. According to the results of biotesting, toxic effects from the use of growth regulators were absent. At the same time, the number of test

culture *Daphnia magna* in 100 ml of medium was 55.6 pcs. against 12.3 pcs. in the control version.

It was revealed that a plant growth stimulator based on hydrothermal nanosilica obtained using nature-like ultrafiltration technologies in combination with synthetic phytohormone krezacin is superior in efficiency to the Energia M growth stimulator existing in the Russian Federation, consisting of krezacin and organosilicon compound 1-chloromethylsilatrane.

The perspective of the possibility of controlling the

quality of plant products in closed agrobiotechnological systems with a controlled environment by using non-root treatments with these growth regulators is shown. Their use is considered an environmentally friendly tool to reduce the load of chemicals in agriculture (fertilizers and pesticides), and at the same time to increase the resistance of plants to stress, increase plant productivity with the achievement of a higher level of quality of environmentally friendly products for a healthy diet. ■

ТЕРМООБРАБОТКА

14 международная специализированная выставка

Единственная в России выставка
термического оборудования и технологий

15 - 17 сентября, 2020

Россия, Москва, ЦВК "Экспоцентр", павильон 7

Основные разделы:

- Термическое и химико-термическое оборудование
- Промышленные печи, сушильные шкафы
- Индукционное оборудование
- Жаропрочная оснастка
- Вакуумная техника и компоненты вакуумных систем
- Огнеупоры, теплоизоляция и футеровка тепловых агрегатов
- Изделия из графита, углеродного волокна и углерод-углеродных композитов
- Установки нанесения покрытий
- Диагностическое и измерительное оборудование

Независимый
выставочный
аудит

Информационная поддержка:

Факты о выставке 2019 года: 80 экспонентов из 10 стран мира:
Россия, Германия, Италия, Швеция, Испания, Австрия, Китай, Словения,
Франция, Швейцария, 3022 кв.м. экспозиции, 2830 посетителей-специалистов.

Официальный сайт выставки:
www.htexporus.ru

Организатор:

- ском хозяйстве XXI века. Значение адаптивного потенциала культурных видов растений. Стратегия адаптивной интенсификации растениеводства. – М.: Изд-во Агрорус, 2008. 816 с.
14. **Борисов В.А., Литвинов С.С., Романова А.В.** Качество и лежкость овощей. – М.: ВНИИО, 2003. 625 с.
 15. **Поверин Д.И.** Новые возможности повышения эффективности растениеводства на основе "синергопоники" // Товаровед продовольственных товаров. 2016. № 3. С. 32–36.
 16. **Панова Г.Г., Удалова О.Р., Черноусов И.Н., Канаш Е.В., Кочетов А.А., Александров А.В., Аникина Л.М.** Научное производство растениеводческой продукции в условиях интенсивной светокультуры: основы и перспективы реализации // Материалы Всероссийской конференции "Агроэкосистемы в естественных и регулируемых условиях: от теоретической модели к практике прецизионного управления". Санкт-Петербург, 21–23 сентября 2016 г. – СПб: ФГБНУ АФИ, 2016. С. 53–59.
 17. Жизненный цикл и экология растений: регуляция и управление средой обитания в агробиотехносистемах // Сборник научных трудов. Выпуск 1 / Под ред. проф. В.Н. Зеленкова. – М.: ТЕХНОСФЕРА, АНО "Институт стратегий развития", 2018. 208 с. ISBN 978-5-94836-543-5.
 18. **Dong-Ki Ryul, Sin-Woo Kang, Sun-Ok Chung, Soon-Jung Hong.** Performance analysis of an experimental plant factory. SNU Journal of agricultural science. December 2013. V. 40. No. 4. P. 395–403.
 19. **Parađiković N., Teklić T., Zeljković S., Lisjak M., Špoljarević M.** Biostimulants research in some horticultural plant species – A Review. Food Energy Secur. 2018; e00162. <https://doi.org/10.1002/fes3.162>.
 20. **Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W.** (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. Plant and Soil, 383, 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
 21. **Nardi S., Pizzeghello D., Schiavon M., Ertani A.** (2016). Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. Science in Agriculture, 73, 18–23. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0006>
 22. **Abbott L.K., Macdonald L.M., Wong M.T.F., Webb M.J., Jenkins S.N., Farrell M.** (2018). Potential roles of biological amendments for profitable grain production – A review. Agriculture, Ecosystems & Environment, 256, 34–50. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.021>.
 23. **Dudaš S., Šola I., Sladonja B., Erhatic R., Ban D., Poljuha D.** The effect of biostimulants and fertilizer on "low input" lettuce production. Acta Botanica Croatica, 75, 2016, pp. 253–259. <https://doi.org/10.1515/botcro-2016-0023>.
 24. **Зеленков В.Н., Потапов В.В.** Гидротермальный нанокремнезем в сельскохозяйственном растениеводстве и биотехнологии // НАНОИНДУСТРИЯ. 2020. Т. 13. № 1 (94) С. 22–33. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2020.13.1.22.33>.
 25. **Зеленков В.Н., Иванова М.И., Латушкин В.В., Потапов В.В., Петриченко В.Н., Елисеева Л.Г., Леонова И.Б., Новиков В.Б., Поверина Н.В., Верник П.А.** Применение гидротермального нанокремнезема для выращивания салата листового сорта Балет в закрытой системе – фитотроне – ИСП-1 // Нанотехнологии в современных материалах технологического и биомедицинского назначения: – Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2018. С. 107–111.
 26. **Зеленков В.Н., Попов А.И., Латушкин В.В., Волков М.Ю., Елисеева Л.Г., Леонова И.Б.** Разработка способов повышения биологической ценности продукции салата латука при выращивании в замкнутой системе Фитотрона и Синерготрона ИСП-1 // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах: сборник научных трудов. – Ставрополь: СЕКВОЙЯ, 2018. С. 277–280.
 27. **Зеленков В.Н., Петриченко В.Н., Потапов В.В., Елисеева Л.Г., Иванова М.И., Латушкин В.В., Новиков В.Б.** Проверка комплексного препарата гидротермального нанокремнезема с крезацином для гидропонного выращивания салата листового в замкнутой системе фитотрона ИСП-1 // Актуальная биотехнология. 2018. № 3 (26). С. 378–382.
 28. **Леонова И.Б., Елисеева Л.Г., Паршина Я.Ю., Зеленков В.Н., Латушкин В.В.** Определение пищевой безвредности и качества продукции салата листового, выращенного в условиях замкнутой системы фитотрона ИСП-1 // Актуальная биотехнология. 2018. № 3 (26). С. 178–181.
 29. Патент Ru 2701495 C1. Способ использования гидротермального нанокремнезема для получения экологически чистой продукции салата в замкнутых агробиотехносистемах.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:

Гибридные наноформы биоактивных и лекарственных веществ

Под ред. М.Я. Мельникова,
Л.И. Трахтенберга

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020. – 408 с.
ISBN 978-5-94836-596-1

Цена 1300 руб.

В учебном пособии, состоящем из введения и 11 глав, обобщены результаты исследований, посвященных различным аспектам биоактивных и лекарственных нанокompозитных систем. Большое внимание уделено особенностям синтеза и тому новому, что дает наноразмер объектов в протекании в них различных физико-химических процессов. Кроме того, сделана попытка систематизировать методы синтеза, приводящие к получению соединений различного класса. Подчеркивается, что эффективность лекарственных веществ и их фармакологические свойства во многом зависят от кристаллической структуры, в частности от присутствия тех или иных полиморфных модификаций или аморфного состояния. Первоочередное значение имеет размер наночастиц, так как малым частицам проще преодолевать защитные барьеры организма человека и животных, проникать в клетки и накапливаться в тканях.

Все главы написаны группами научных сотрудников, активно работающих в разных областях нанобиомедицины. Наряду с обзорным материалом, излагаются и оригинальные исследования авторов, обобщающие их работы за несколько последних лет. Предлагаемая книга будет полезным учебным и учебно-научным пособием для читателей широкого круга интересов от студентов и аспирантов до преподавателей и научных сотрудников, интересующихся различными аспектами теории и практики наноразмерных биоактивных и лекарственных веществ.

Как заказать наши книги?

По почте: 125319, Москва, а/я 91
По факсу: (495) 956-33-46
E-mail: knigi@technosphere.ru
sales@technosphere.ru

ИНФОРМАЦИЯ О НОВИНКАХ
www.technosphere.ru