

Оригинальная статья / Original article

УДК 582.661.56:577.21

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-2-119-128

Инновационный способ контроля численности *Diaspis echinocacti* Bouche при помощи ДНК-инсектицида на *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. в Никитском ботаническом саду

Юрий В. Плугатарь¹, Елена С. Чичканова¹, Екатерина В. Яцкова¹,
Александр К. Шармагий¹, Владимир В. Оберемок^{1,2}

¹ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный Научный Центр» РАН, Ялта, Россия

²Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь, Россия

Контактное лицо

Елена С. Чичканова, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории дендрологии, парковедения и ландшафтной архитектуры, отдела дендрологии, цветоводства и ландшафтной архитектуры, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Никитский ботанический сад – Национальный Научный Центр» РАН; 298648, Россия, Республика Крым, г. Ялта, ул. Никитский спуск, 52.

Тел. +79780873242

E-mail lena.chichkanovarevenko@mail.ru

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-8930-8022>

Формат цитирования

Плугатарь Ю.В., Чичканова Е.С., Яцкова Е.В., Шармагий А.К., Оберемок В.В. Инновационный способ контроля численности *Diaspis echinocacti* Bouche при помощи ДНК-инсектицида на *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. в Никитском ботаническом саду // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 2. С. 119-128. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-2-119-128

Получена 7 июля 2020 г.

Прошла рецензирование 12 сентября 2020 г.

Принята 21 сентября 2020 г.

Резюме

Цель. Выявление эффективности действия ДНК-инсектицида с высоким уровнем экологичности на *Diaspis echinocacti* Bouche в условиях оранжереи Никитского ботанического сада.

Материал и методы. Объектом исследования являлось насекомое-вредитель *Diaspis echinocacti* Bouche. Учёт численности особей *D. echinocacti* в колониях, выявленных на сегментах *Opuntia ficus-indica* L. (Mill.), проводился с помощью микроскопа Nikon SMZ 745T с использованием компьютерной микрофотосъемки. В опыте исследовали действие ДНК-инсектицида «Cactus-NBG» на *D. echinocacti*, в качестве эталона был использован препарат Танрек ВК, ВРК – инсектицид из класса неоникотиноидов.

Результаты. Выявлено, что обработка ДНК-инсектицидом – «Cactus-NBG» против личинок *D. echinocacti* показала положительный результат. Биологическая эффективность препарата составила 82,0%. Процент гибели личинок щитовки после обработки достоверно увеличивался по сравнению с контролем ($p < 0,05$) и на 3-и сут. составил $43,2 \pm 5,0\%$, на 7-е сут. – $53,2 \pm 2,3\%$, на 14-е сут. – $84,2 \pm 2,2\%$.

Заключение. В результате обработки *O. ficus-indica* ДНК-инсектицидом «Cactus-NBG» против *D. echinocacti* получили положительный результат. На 14-е сут. после обработки ДНК-инсектицидом гибель *D. echinocacti* составила $84,2 \pm 2,2\%$, в эталоне («Танрек») – $86,0 \pm 1,4\%$, а в контроле – $11,2 \pm 1,2\%$. Биологическая эффективность препарата «Cactus-NBG» на 14-е сут. составила 82,0%. Инновационный препарат «Cactus-NBG», основанный на антисмысловом фрагменте генома *D. echinocacti*, вызывал гибель фитофага на протяжении 14-ти дней. Таким образом, препарат «Cactus-NBG», основанный на антисмысловом фрагменте генома *D. echinocacti*, вызывал значительную гибель насекомого-вредителя и может составить конкуренцию современным химическим препаратам.

Ключевые слова

Opuntia ficus-indica (L.) Mill., *Diaspis echinocacti* Bouche, ДНК-инсектицид, оранжерея, Никитский ботанический сад.

An innovative method of *Diaspis echinocacti* Bouche control using DNA insecticide on *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. in the Nikitsky Botanical Garden, Crimea

Yurii V. Plugatar¹, Elena S. Chichkanova¹, Ekaterina V. Yatskova¹,
Alexander K. Sharmagii¹ and Vladimir V. Oberemok^{1,2}

¹Nikitsky Botanical Garden, National Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia

²V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

Contact person

Elena S. Chichkanova, PhD, Research Associate,
Laboratory of Dendrology, Park Science and
Landscape Architecture, Department of
Dendrology, Floriculture and Landscape
Architecture, The Nikitsky Botanical Garden-
National Scientific Centre, Russian Academy of
Sciences; 52 Nikitsky Spusk St, Yalta, Republic of the
Crimea, Russia 298648.

Tel. +79780873242

E-mail lena.chichkanovarevenko@mail.ru

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-8930-8022>

How to cite this article

Plugatar Yu.V., Chichkanova E.S., Yatskova E.V.,
Sharmagii A.K., Oberemok V.V. An innovative
method of *Diaspis echinocacti* Bouche control using
DNA insecticide on *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. in
the Nikitsky Botanical Garden, Crimea. *South of
Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 2,
pp. 119-128. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-
1098-2021-2-119-128

Received 7 July 2020

Revised 12 September 2020

Accepted 21 September 2020

Abstract

Aim. Investigation of the effectiveness of a DNA insecticide with a high level of environmental friendliness on *Diaspis echinocacti* Bouche in the greenhouse of the Nikitsky Botanical Garden.

Materials and Methods. The object of the study was the insect pest *Diaspis echinocacti* Bouche. The number of *D. echinocacti* larvae was identified on segments of *Opuntia ficus-indica* L. (Mill.) using a Nikon SMZ 745T microscope and computer microphotography. In the experiment, the effectiveness of the DNA insecticide "Cactus-NBG" on *D. echinocacti* was studied, the preparation "Tanrek VK", VRK, from the class of neonicotinoids being used as a standard insecticide.

Results. It was revealed that the treatment with the DNA insecticide "Cactus-NBG" against *D. echinocacti* larvae had a significant insecticidal effect. The biological effectiveness of the preparation was 82.0%. The mortality of larvae after treatment significantly increased in comparison with the control ($p < 0.05$) and was measured at $43.2 \pm 5.0\%$, $53.2 \pm 2.3\%$, and $84.2 \pm 2.2\%$ on the 3rd, 7th, and 14th day after treatment respectively.

Conclusion. As a result of treatment of *O. ficus-indica* against *D. echinocacti* with the contact DNA insecticide "Cactus-NBG", a significant insecticidal effect was found. On the 14th day after treatment, the mortality of *D. echinocacti* in "Cactus-NBG" was $84.2 \pm 2.2\%$, in the "Tanrek" group – $86.0 \pm 1.4\%$ and in the control group treated with water – $11.2 \pm 1.2\%$. The biological effectiveness of "Cactus-NBG" on the 14th day was 82.0%. Thus, the preparation "Cactus-NBG", based on the antisense fragment of the *D. echinocacti* genome, caused a significant mortality of the target insect pest and can compete with modern chemical preparations.

Key Words

Opuntia ficus-indica (L.) Mill., *Diaspis echinocacti* Bouche, DNA insecticide, greenhouse, Nikitsky Botanical Garden.

ВВЕДЕНИЕ

Род *Opuntia* Mill. один из самых древних родов семейства Cactaceae Juss., изображение которого входит в государственный герб Мексики [1]. Впервые род *Opuntia* был описан в 1754 г. Ф. Миллером (Miller Philipp) [2]. Кактусы выделяются оригинальностью габитуса, обильным цветением, разнообразной цветовой гаммой цветков и плодов, а также относительной неприхотливостью в культуре в условиях открытого и закрытого грунта, поэтому могут по праву считаться солидными представителями в коллекциях отечественных и зарубежных ботанических садов [3-5].

Согласно данным отечественных и зарубежных авторов, *Opuntia* является одним из крупнейших родов семейства Cactaceae Juss., включающий по данным разных авторов от 90 до 250 видов [6-7]. Природный ареал растений охватывает местности Мексики, Перу, Чили [8]. В США опунции растут до 50 градусов с. ш., которые были интродуцированы из Америки и широко распространены на юге Европы, севере Африки; на Канарских островах, в Азии, Австралии, Канаде, Швейцарии [9-12].

Установлено, что не менее 27 видов рода *Opuntia* отмечены в качестве инвазивных растений в различных частях Земного шара [13; 14]. Первые случаи их натурализации на Крымском полуострове относятся, вероятно, к середине этого же столетия. С первых лет существования Никитского ботанического сада (1812-1824 гг.), большое внимание уделялось интродукции представителей рода *Opuntia* [15-17].

На сегодняшний день площадь оранжереи, где расположена основная часть коллекции суккулентов Никитского ботанического сада составляет 960,0 м²; площадь открытого участка, где расположена остальная часть коллекционных экземпляров составляет 1240,0 м² (всего: 2,200 м). Коллекция включает 985 таксонов из 12 семейств и 106 родов; «ядро» коллекции – 619 таксонов семейства Cactaceae Juss. [18].

Следует отметить, что в Никитском ботаническом саду проводились исследования биологических и физиологических особенностей видов рода *Opuntia* [19-23], изучены биоморфологические особенности некоторых натурализовавшихся в Крыму видов [24; 25]. В зарубежных ботанических учреждениях были изучены морфологические, анатомические, физиологические аспекты некоторых видов рода *Opuntia* [26-30], с последующей возможностью применения растительного сырья этих растений для изготовления лекарственных препаратов, масел и кремов, а также для изучения пищевых свойств плодов опунции. В связи с тем, что *Opuntia* представляет большую ценность и достаточно глубоко изучается в ботанических учреждениях мира, сохранение растений этого рода является первостепенной задачей коллекционных фондов. Так, один из представителей рода *Opuntia* – *O. ficus-indica* L. (Mill.) имеет широкое применение в косметологии, медицине, пищевой промышленности, а также является перспективным растением для декоративного садоводства. На декоративность, а также долговечность растения влияют не только экологические и антропогенные факторы, но и повреждаемость насекомыми-вредителями.

В настоящее время в оранжерее на растениях отмечено массовое размножение *Diaspis echinocacti* Bouché на *O. ficus-indica*. Фитофаг распространён на юге Европы, в Азии (Индия), в Африке (Алжир, Египет), Северной и Южной Америке, в Средней Азии, в Туркмении, Таджикистане, Узбекистане, как правило, на представителях рода *Opuntia*. Подтверждено, что в Абхазии данный вид фитофага сильно вредит видам из рода *Opuntia* [31]. Насекомое развивается на всех надземных органах опунции и при массовом заселении приводит к усыханию отдельных частей растения [32]. В связи с высокой численностью фитофага и особым статусом Никитского ботанического сада были испытаны инновационные ДНК-инсектициды [33], на основе коротких антисмысловых фрагментов гена 28S рибосомальной РНК, которые хорошо зарекомендовали себя на других видах щитовок [34]. Данный постгеномный подход основывается на применении антисмысловых ДНК-фрагментов, которые блокируют экспрессию целевых генов насекомых-вредителей, вызывая их гибель. По сути, инновационные ДНК-инсектициды являются полимером природного происхождения и будут оказывать минимальный негативный эффект на нецелевые организмы, благодаря уникальной комбинации применяемого инновационного ДНК-инсектицида [35; 36]. Кроме этого, инновационные ДНК-инсектициды обладают высоким уровнем экологичности по той причине, что на каждом трофическом уровне у целевых и нецелевых организмов имеются ферменты дезоксирибонуклеазы (ДНКазы), осуществляющие быстрый распад инновационных ДНК-инсектицидов в клетках. На сегодняшний день ни один из химических инсектицидов не способен обеспечить высокий уровень избирательности действия, исходя из понятного алгоритма, каковым обладают ДНК-инсектициды – это уникальная комбинация азотистых оснований в ДНК-инсектициде. В такой ситуации выход на рынок ДНК-инсектицидов позволит с минимальным побочным действием для окружающей среды регулировать численность насекомых-вредителей там, где высока вероятность существенного негативного влияния на экосистемы и здоровье людей.

Цель работы выявление эффективности действия ДНК-инсектицида с высоким уровнем экологичности на *D. echinocacti* в условиях оранжереи Никитского ботанического сада.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в лаборатории энтомологии и фитопатологии ФГБУН «НБС-ННЦ». Объектом исследований являлась *D. echinocacti* Bouché, выявленная на *O. ficus-indica*. Степень вредоносности кактусовой щитовки определяли при обследовании опунции в оранжерее Никитского ботанического сада [37]. Видовую принадлежность *D. echinocacti* определяли по Н.С. Борхсениусу [38]. Учёт численности особей *D. echinocacti* в колониях проводился с помощью микроскопа Nikon SMZ 745 T с использованием компьютерной микрофото съемки. Жизнеспособность личинок определяли по изменению тургора тела и их питанию [39]. В опыте исследовали действие ДНК-инсектицида Cactus-NBG на *D. echinocacti*, в качестве эталона был использован препарат Танрек ВК, ВРК –

инсектицид из класса неоникотиноидов. Контролем служили сегменты опунции, обработанные водой. Биологическую эффективность препаратов на личиночных стадиях *D. echinocacti* рассчитывали по формуле Хендерсона и Тилтона [40]. Подсчет особей *D. echinocacti* проводился до обработки, далее после обработки ДНК-инсектицидом (5'-ATCGCTGCGGA-3') с нормой применения 1,0 г на 10,0 л H₂O сегментов и препаратом Танрек ВК, ВРК с нормой применения – 8,0 г на 10,0 л H₂O (расход рабочей жидкости составил 10,0 л на 100,0 м²). Подсчет гибели особей кактусовой щитовки проводился на 3-й, 7-й и 14-й сутки. Подсчитывали количество сформировавшихся взрослых особей *D. echinocacti* на растении, в частности, брали контроль (обработанный водой сегмент), опыт 1 – препарат Танрек ВК, ВРК, опыт 2 – препарат «Cactus-NBG».



Растение в природном ареале
Plant in natural habitat

Рисунок 1. Габитус *O. ficus-indica*

Figure 1. *O. ficus-indica* habit

В качестве лекарственного сырья используют сегменты, плоды и семена опунции, в которых содержатся альбумины, алкалоиды, природный антибиотик, гормоны, красители, ферменты, жирные кислоты; железо, цинк, магний, калий, кальций, натрий, фосфор, медь. Опунцию используют при лечении сахарного диабета, при болезнях дыхательной системы, болезнях кожи (язвы и порезы), ревматизме, радикулите, подагре, болезнях сердечно-сосудистой системы, при цистите и уретрите. Запрещено применять растительное сырье при хроническом геморрое и остром цистите. Вредны гложидии, которые вызывают зуд и дискомфорт, а вследствие этого отек и воспаление кожи.

В условиях оранжереи *D. echinocacti* является доминирующим вредителем. Развивается фитофаг в 4-х поколениях, которые наслаиваются друг на друга. Тело личинки стекловидное, не правильной формы, в виде овала; молодая самка покрыта щитком. Щиток самки выпуклый, белого цвета, состоящий из 2-х личиночных шкур (рис. 2).

В результате проведенного эксперимента нами была установлена инсектицидная активность ДНК-препарата на *D. echinocacti*. Обработка препаратами проводилась по личинкам первого и второго возрастов

Таксономическое положение вида рода *Opuntia* приведено по общепринятой системе «The Plant List» [41] и IPNI [42]. Ареал и общая характеристика *O. ficus-indica* указаны согласно F. Vuxbaum [43]. Статистическая обработка данных проведена с помощью компьютерной программы «STATISTICA 13.0» [44].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Опунция индийская фи́га, колючая груша; или опунция инжирная – это одревесневающее растение, высотой около 3,0 м, сегменты зелёного цвета от продолговатой до овальной формы, с расположенными на них – колючками и ареолами. Цветки оранжевого или красного цвета. Плоды красного цвета с жёлтым оттенком; семена жёлтого цвета (рис. 1).



Растение в оранжерее Никитского ботанического сада
Plant in the greenhouse of Nikitsky Botanical Garden

на различных сегментах опунции (рис. 3). Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

К данным опыта введена поправка по формуле Хендерсона и Тилтона [40]:

$$\mathcal{E} = 100 \times (1 - O_n K_d / O_d K_n),$$

где \mathcal{E} – биологическая эффективность, выраженная в процентах снижения численности вредителя с поправкой на контроль;

O_d – число живых особей перед обработкой в опыте;

O_n – число живых особей после обработки в опыте;

K_d – число живых особей в контроле в предварительном учете;

K_n – число живых особей в контроле в последующие учеты.

Исходя из таблицы 1 видно, что перед обработкой количество личинок *D. echinocacti* составляло 400 особей на 1,0 см²; и во всех опытных вариантах. Численность живых личинок в контроле на 3-й и 7-е сут. составила 369 особ. на 1,0 см²; на 7-е сут. – 367 особ.; на 14-е сут. – 355 особ. Установлено, что после применения препарата Cactus-NBG, численность личинок данного вредителя составляла на 3-й сут. 227 особ. на 1,0 см², на 7-е сут. – 188 особ. и на 14-е сут. – 63 особ. Биологическая эффективность составила – 82,0%.



Рисунок 2. Внешний вид особей *D. echinocacti* паразитирующих на сегменте *O. ficus-indica*
Figure 2. The appearance of *D. echinocacti* larvae on a segment of *O. ficus-indica*



Колония личинок *D. echinocacti* (контроль)
 Colony of *D. echinocacti* larvae (control)



14-е сут. после обработки ДНК-инсектицидом («Cactus-NBG»)
 14th day after treatment with DNA insecticide ("Cactus-NBG")



14-е сут. после обработки химическим препаратом «Танрек»
 14th day after treatment with chemical preparation "Tanrek"

Рисунок 3. *D. echinocacti* на сегментах *O. ficus-indica*
Figure 3. *D. echinocacti* on *O. ficus-indica* segments

Таблица 1 Динамика смертности кактусовой щитовки, обнаруженной на *O. ficus-indica***Table 1.** Dynamics of mortality of the cactus scale found on *O. ficus-indica*

Вариант опыта Experiment variant	Норма применения Application rate	Количество живых личинок на см ² (шт.) Number of live larvae per cm ² (pieces)				Биологическая эффективность, % Biological effectiveness, %
		До обработки Before treatment	На 3-е сутки после обработки 3 days after treatment	На 7-е сутки после обработки 7 days after treatment	На 14-е сутки после обработки 14 days after treatment	
Cactus-NBG Cactus-NBG	1,0 г/10,0 л	400	227	Cactus-NBG Cactus-NBG	1,0 г / 10,0 л	400
Танрек ВК, ВРК Tanrek VK, VRK	8,0 г/10,0 л	400	97	Танрек ВК, ВРК Tanrek VK, VRK	8,0 г/10,0 л	400
Контроль Control	–	400	369	Контроль Control	–	400

В варианте с препаратом Танрек ВК, ВРК количество живых личинок *D. echinocacti* уже на 3-и сут. составляло 97 особ. на 1,0 см², на 7-е сут. 74 особ. и на 14-е сут. – 56 особ., соответственно. Биологическая эффективность в данном случае составила – 84,0%.

Установлено, что действие препаратов Cactus-NBG и Танрек ВК, ВРК показали действительно положительный результат уже на 3-и сут., о чем свидетельствует уменьшение численности личинок *D. echinocacti* в сравнении с контролем (рис. 4).

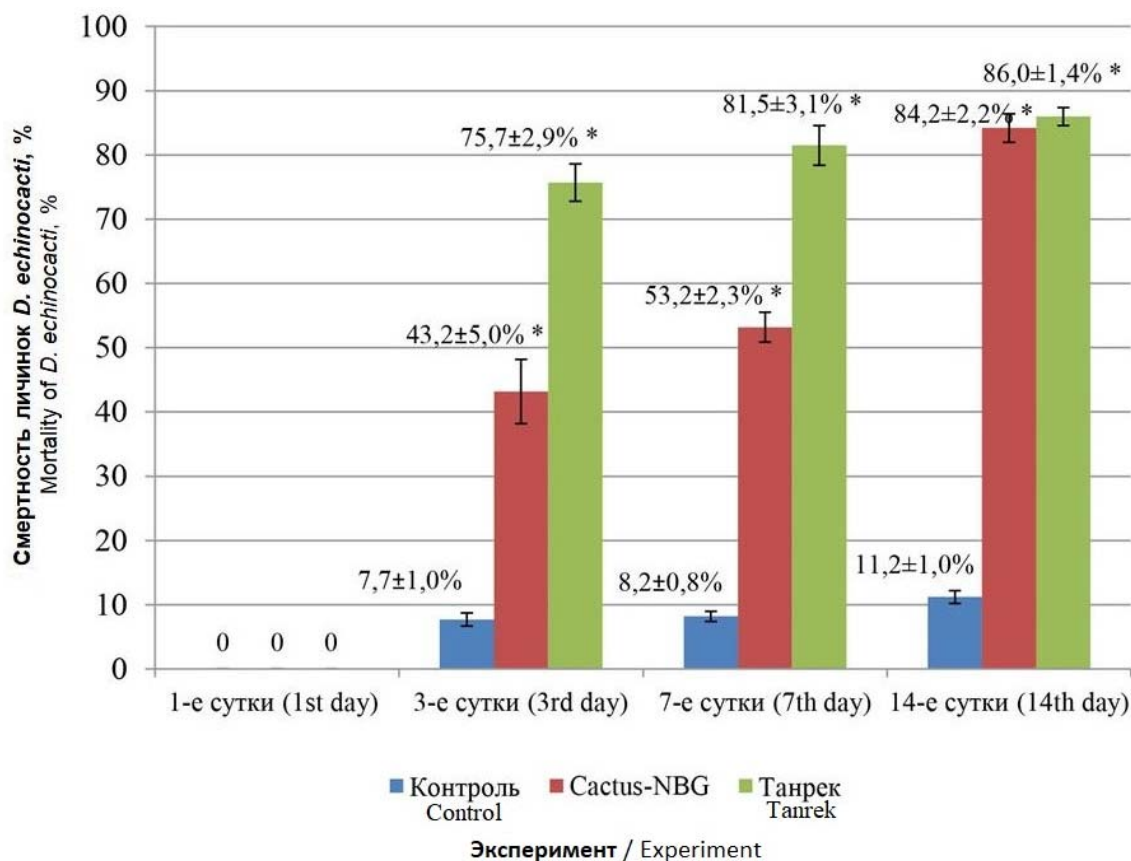


Рисунок 4. Динамика смертности кактусовой щитовки обнаруженной на *O. ficus-indica* («Cactus-NBG» – ДНК-инсектицид и «Танрек ВК, ВРК» – химический препарат); на графике представлены средние и ошибки средних; * – при $p < 0,05$

Figure 4. Dynamics of mortality of the cactus scale found on *O. ficus-indica* ("Cactus-NBG" – DNA insecticide and "Tanrek VK, VRK" – chemical preparation); graph shows the means and errors of the means; * is marked when $p < 0.05$

Выявлено, что обработка инновационным ДНК-инсектицидом «Cactus-NBG», разработанным для уничтожения особей *D. echinocacti* показала

положительный результат. % гибели личинок после обработки постепенно увеличивался и на 3-и сут. составил 43,2±5,0%, на 7-е сут. – 53,2±2,3%, на 14-е сут. –

84,2±2,2% (см. рис. 4). Обработка *O. ficus-indica* препаратом «Танрек ВК, ВРК» также показала положительный результат. На 3-и сут. после обработки, гибель составила 75,7±2,9%, на 7-е сут. – 81,5±3,1% и на 14-е сут. – 86,0±1,4%. Численность погибших личинок в контроле составила на 3-и сут. 7,75±1,0%, на 7-е сут. – 8,25±0,8%, на 14-е сут. – 11,25±1,0%.

Таким образом, инновационный препарат «Cactus-NBG», основанный на антисмысловом фрагменте генома *D. echinocacti*, вызывал гибель фитофага в течение 2-х недель после его применения и может составить конкуренцию современным не избирательно действующим химическим препаратам.

Исходя из полученных результатов, планируется проведение серии экспериментов с целью разработки новых, более эффективных инновационных ДНК-инсектицидов в защите видов кактусов от щитовок и сохранения биоразнообразия, представленного в оранжерее Никитского ботанического сада

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В коллекции Никитского ботанического сада представлен уникальный вид семейства Cactaceae – *O. ficus-indica*, растительное сырье которого содержит комплекс биологически активных веществ, обладающих широким спектром действия на человеческий организм, что подтверждает действительную значимость данного вида растения; растение широко используется в декоративном садоводстве на родине. В связи с этим опунция представляет большую ценность и достаточно глубоко изучается в ботанических учреждениях мира, а ее сохранение является первостепенной задачей коллекции.

В результате обработки *O. ficus-indica* инновационным ДНК-инсектицидом «Cactus-NBG» против *D. echinocacti*, препарат проявил значительное инсектицидное действие на фитофага. На 14-е сут. после обработки ДНК-инсектицидом гибель *D. echinocacti* составляла 84,2±2,2%, в эталоне («Танрек») – 86,0±1,4%, а в контроле – 11,2±1,2%. Биологическая эффективность препарата «Cactus-NBG» на четырнадцатый день составила 82,0%. Таким образом, планируется расширение экспериментов с применением экологически безопасных ДНК-инсектицидов с охватом большого количества щитовок с целью сохранения растительного биоразнообразия, представленного в оранжерейном комплексе Никитского ботанического сада.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Андерсон М. Кактусы и суккуленты. Классификация и описание кактусов: иллюстрированная энциклопедия. Москва: Наука, 2002. 264 с.
- Буренков А. Кактусы в гостях и дома. Киев: Феникс, 2007. 472 с.
- Багрикова Н.А., Чичканова Е.С. Роль ботанических садов в сохранении представителей семейства Cactaceae Juss. // Материалы международной научно-практической конференции «Редкие виды живых организмов: проблемы, перспективы и уровни охраны», Тамбов, 17 ноября, 2017. С. 828-832. DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-5-828-832

- Гайдаржи М.М. Суккулентні рослини: анатомо-морфологічні особливості, поширення й використання. Київ: Київський університет, 2011. 175 с.
- Чичканова Е.С., Багрикова Н.А., Гончарова О.И., Науменко Т.С. Лекарственные суккулентные растения в оранжерее Никитского ботанического сада // Овощи России. 2019. N 2. С. 53-57. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-2-53-57.
- Anderson E.F. The cactus family. Oregon: Portland, Timber Press, 2001. 777 p.
- Backeberg C. Das Kakteenlexikon. Enumeratio diagnostic Cactacearum. Jena, "Magnus Poser", 1976. 589 p.
- Britton N.L., Rose J.N. The Cactaceae Juss.: descriptions and illustrations of plants of the Cactus family. Washington, Timber Press, 1919. 256 p.
- Гольцберг И.А. Мировой агро-климатический справочник. Ленинград, 1972. 115 с.
- Гумбольдт А. География растений. Москва, Ленинград: Сельхозгиз, 1936. 239 с.
- Тахтаджян А.Л. Флористические области Земли. Ленинград: Наука, 1978. 247 с.
- Sajeva M., Costanzo M. Succulents The Illustrated Dictionary. Oregon: Timber Press, 1997. 240 p.
- Nobel P.S. Cacti University of California. London: University of California Press, 2002. 280 p.
- Багрикова Н.А., Рыфф Л.Э. Инвазионный вид *Opuntia lindheimeri* Engelm. в Южном Крыму // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2014. Т. 139. С. 47-66.
- Багрикова Н.А., Рыфф Л.Э. О натурализации представителей рода *Opuntia* Mill. на территории Крымского полуострова // Матер. міжнарод. наук. конф. "VI ботанічні читання пам'яті Й.К. Пачоського", Херсон, 19-22 мая, 2014. С. 19-21.
- Анисимова А.И. Итоги интродукции древесных растений в Никитском ботаническом саду за 30 лет (1926-1955) // Труды Всесоюз. ордена Ленина акад. с. х. наук им. В.И. Ленина. Гос. Никитский ботан. сад. Ялта: Никитский ботанический сад, 1957. 239 с.
- Интродукция и селекция декоративных растений в Никитском ботаническом саду (современное состояние, перспективы развития и применение в ландшафтной архитектуре) / под общ. ред. Ю.В. Плугатаря. Ялта: ГБУ РК "НБС-ННЦ", 2015. 435 с.
- Чичканова Е.С., Багрикова Н.А., Коротков О.И., Гончарова О.И. Таксономический состав коллекционных фондов суккулентных растений в некоторых ботанических садах и научных учреждениях СНГ // Сборник научных трудов ГНБС. 2018. Т. 148. С. 167-169.
- Белоусова О.В. Интродукция видов рода *Opuntia* Mill. в Никитском ботаническом саду (Крым, Украина) // Суккуленты/Succulents bilingual. 1998. N 1. С. 8-10.
- Губанова Т.Б., Белоусова О.В. Физиологические аспекты морозоустойчивости видов рода *Opuntia* Mill. // Вісті біосферного заповідника "Асканія-Нова". 2003. N 5. С. 104-109.
- Губанова Т.Б. Аспекты низкотемпературной адаптации стеблевых и листовых суккулентов // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. 2007. Вып. 20. N 3. С. 24-31.
- Губанова Т.Б. Сравнительная характеристика низкотемпературной устойчивости стеблевых и листовых суккулентов // Сборник научных трудов ГНБС. 2008. N 129. С. 22-36.

23. Губанова Т.Б. Влияние температурного фактора на зимостойкость суккулентов в условиях Южного берега Крыма // Вісті Біосферного заповідника "Асканія-Нова". 2012. N 14. С. 63-67.
24. Багрикова Н.А., Бондарева Л.В., Рыфф Л.Э. Особенности распространения *Opuntia humifusa* (Raf.) Raf. на территории г. Севастополя // Сборник научных трудов ГНБС. 2014. Т. 139. С. 32-46.
25. Белоусова О.В., Багрикова Н.А. Натурализация *Opuntia* (Tournef.) Mill. в Центральном Южном берегу Крыма // Интродукция растений. 1999. N 3-4. С. 33-37.
26. Degano C., Alonso M.E., Ochoa J., Catan A. Seed characterization and scanning electron microscope (SEM) morphology of the testa of three groups of Argentine *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae) // J. PACD. 1997. P. 103-113.
27. Habibi Y., Heux L., Mahrouz M., Vignon M.R. Morphological and structural study of seed pericarp of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits // Carbohydrate polymers Journal. 2008. V. 72. N 1. P. 102-112. DOI: 10.1016/j.carbpol.2007.07.032
28. Samah S., Valadez-Moctezuma E., Ventura-Zapata E. Morphological seed differentiation between cultivars of xocnostles and tunas (*Opuntia* spp.) // Acta Hort. 2015. V. 1067. N 45. DOI: 10.17660/Acta Hort.2015.1067.49
29. Verloove F., Pascual M.S. New records of Cactaceae from Gran Canaria (Canary, Islands, Spain) // Haseltonia. 2017. N 23. P. 79-91. DOI: 10.2985/026.023.0111
30. Verloove F., Rodriguez A.M., Salas-Pascual M., Guiggi A. New Cactus records from Gran Canaria with a key to the *Opuntioideae* species now established in the Canary Islands (Spain) // Haseltonia. 2018. V. 2018. N 25. P. 115-124. DOI: 10.11646/zootaxa.4674.5.5
31. Вахадзе В.Н. Обзор вредной фауны древесных, кустарниковых и цветочных декоративных насаждений Черноморского побережья Западной Грузии // Труды Сухумского ботанического сада. 1955. Вып. 8. С. 387-396.
32. Козаржевская Э.Ф. Вредители декоративных растений. Щитовки, ложнощитовки, червецы. Москва: Наука, 1992. 358 с.
33. Оберемок В.В., Лайкова Е.В., Зайцев А.С., Ниадар П.М., Гушин В.А., Макаров В.В., Шумских М.Н., Талипова Н.Р., Гальчинский Н.В., Гниненко Ю.И. Создание ДНК-инсектицидов – новое направление в защите растений // Защита и карантин растений. 2016. N 11. С. 14-16.
34. Gal'chinsky N., Useinov R., Yatskova E., Laikova K., Novikov I., Gorlov M., Trikoz N., Sharmagiy A., Plugatar Yu., Oberemok V.A. breakthrough in the efficiency of contact DNA insecticides: rapid high mortality rates in the sap-sucking insects *Dynaspidiotus britannicus* Comstock and *Unaspis euonymi* Newstead // Journal of Plant Protection Research. 2020. V. 60. Iss. 2. P. 220-223. DOI: 10.24425/jppr.2020.133315
35. Оберемок В.В. Экологические основы контроля численности листогрызущих насекомых с применением ДНК-инсектицидов. Автореф. дис. на соискание ученой степени доктора биологических наук. Ялта, 2019. 50 с.
36. Oberemok V.V., Laikova K.V., Useinov R.Z., Gal'chinsky N.V., Novikov I.A., Yurchenko K.A., Volkov M.E., Gorlov M.V., Brailko V.A., Plugatar Yu.V. Insecticidal activity of three 10-12 nucleotides long antisense sequences from 5.8 S ribosomal RNA gene of gypsy moth *Lymantria dispar* L. against its larvae // Journal of Plant Protection Research. 2019. V. 59. N 4. P. 561-564.
37. Долженко В.И., Лаптев А.Б., Буркова Л.А., Долженко О.В., Кунгурцева О.В., Гришечкина Л.Д., Ишкова Т.И., Маханькова Т.А., Голубев А.С., Черменская Т.Д., Яковлев А.А., Довгилевич А.В., Касатов И.С., Кручина С.Н., Орехов Д.А., Ракитский В.Н., Синицкая Т.А., Федорова Н.Е., Закладной Г.А., Шаповал О.А. и др. Методические указания по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности / Под общ. ред. академика РАН В.И. Долженко, академика РАН В.Н. Ракитского. Москва: Минсельхоз России, 2018. 56 с.
38. Борхсениус Н.С. Карантинные и близкие к ним виды кокцид (Coccidae) СССР (под ред. проф. Ф.А. Зайцева). Тбилиси: Госиздат, 1937. С. 120-126.
39. Борхсениус Н.С. Практический определитель кокцид культурных растений и лесных пород СССР. Москва: Академии наук, 1963. 277 с.
40. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве / под ред. член-корр. Россельхозакадемии В.И. Долженко. Санкт-Петербург, 2009. С. 29-30.
41. The Plant List. 2013. URL: <http://www.theplantlist.org/> (дата обращения: 15.02.2019)
42. IPNI: The International Plant Names Index. 2019. URL: <http://www.ipni.org> (дата обращения: 12.02.2019)
43. Buxbaum F. Morphology of cacti. Section III. Fruits and seeds. Pasadena: Abbey Garden Pasadena, 1953. 401 p.
44. Боровиков В.П. "Statistica13.0": Искусство анализа данных на компьютере. СПб: Питер, 2003. 688 с.

REFERENCES

1. Anderson M. *Kaktusy i sukkulenty. Klassifikatsiya i opisaniye kaktusov: illyustrirovannaya entsiklopediya* [Cacti and Succulents. Classification and description of cacti: an illustrated encyclopedia]. Moscow, Nauka Publ., 2002, 264 p. (In Russian)
2. Burenkov A. *Kaktusy v gostyakhidoma* [Cacti at a party and at home]. Kiev, Pheniks Publ., 2007, 472 p. (In Russian)
3. Bagrikova N.A., Chichkanova E.S. Rol' botanicheskikh sadov v sokhraneniі predstavitelei semeistva Cactaceae Juss. [The role of botanical gardens in preserving the representatives of the Cactaceae Juss family] *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Redkie vidy zhivyykh organizmov: problemy, perspektivy i urovni okhrany"*, Tambov, 17 noyabrya, 2017 [Materials of the international scientific-practical conference "Rare species of living organisms: problems, prospects and protection levels", Tambov, 17 November 2017]. Tambov, 2017, pp. 828-832. (In Russian) DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-5-828-832
4. Gaidarzhi M.M. *Sukulentni roslini: anatomo-morfologichni osoblivosti, poshirennya i vikoristannya* [Succulent plants: anatomical and morphological features, distribution and use]. Kiev, Kyiv University Publ., 2011, 175 p. (In Ukrainian)
5. Chichkanova E.S., Bagrikova N.A., Goncharova O.I., Naumenko T.S. Medicinal succulent plants in the greenhouse of the Nikitsky Botanical Garden. *Ovoshchi Rossii* [Vegetables of Russia]. 2019, no. 2, pp. 53-57. (In Russian) DOI: 10.18619/2072-9146-2019-2-53-57
6. Anderson E.F. The cactus family. Oregon, Portland, Timber Press., 2001, 777 p.
7. Backeberg C. Das Kakteenlexicon. Enumeratio diagnostic Cactacearum. Jena, "Magnus Poser", 1976, 589 p.

8. Britton N.L., Rose J.N. The Cactaceae Juss.: descriptions and illustrations of plants of the Cactus family. Washington, Timber Press, 1919, 256 p.
9. Goltsberg I.A. *Mirovoi agro-klimaticheskii spravochnik* [World agro-climatic directory]. Leningrad, Nauka Publ., 1972, 115 p. (In Russian)
10. Gumbolt A. *Geografiya rastenii* [Geography of plants]. Moscow, Leningrad, Selkhozgiz Publ., 1936, 239 p. (In Russian)
11. Takhtadzhyan A.L. *Floristicheskie oblasti Zemli* [Floristic areas of the Earth]. Leningrad, Nauka Publ., 1978, 247 p. (In Russian)
12. Sajeve M., Costanzo M. Succulents The Illustrated Dictionary. Oregon, Timber Press, 1997, 240 p.
13. Nobel P.S. Cacti University of California. London, University of California Press, 2002, 280 p.
14. Bagrikova N.A., Ryff L.E. Invasive species *Opuntia lindheimeri* Engelm. in Southern Crimea. In: *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada* [Collection of scientific works of the State Nikitsky Botanical Garden]. 2014, vol. 139, pp. 47-66. (In Russian)
15. Bagrikova N.A., Ryff L.E. O naturalizatsii predstavitelei roda *Opuntia* Mill. na territorii Krymskogo poluostrova [On the naturalization of representatives of the genus *Opuntia* Mill. on the territory of the Crimean peninsula]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii "VI botanichni chitannya pam'yati I.K. Pachos'kogo"*, Kherson, 19-22 maya, [Material international community. sciences. conf "VI botanical reading of the memory of Y.K. Pachoskogo", Kherson, 19-22 May 2014]. Kherson, 2014, pp. 19-21. (In Ukrainian)
16. Anisimova A.I. Itogi introduktsii drevesnykh rastenii v Nikitskom botanicheskom sadu za 30 let (1926-1955) [Results of the introduction of woody plants in the Nikitsky Botanical Garden for 30 years (1926-1955)]. *Trudy Vsesoyuznogo ordena Lenina akademika sel'skokhozyaistvennykh nauk imeni V.I. Lenina, Yalta, 1957* [Proceedings of the All-Union Order of Lenin, Academician of Agricultural Sciences named after V.I. Lenin, Yalta, 1957]. Yalta, Nikitsky Botanical Garden Publ., 1957, 239 p. (In Russian)
17. Plugatar Yu.V., ed. *Introduktsiya i selektsiya dekorativnykh rastenii v Nikitskom botanicheskom sadu (sovremennoe sostoyanie, perspektivy razvitiya i primeneniye v landshaftnoi arkhitekture)* [Introduction and selection of ornamental plants in the Nikitsky Botanical Garden (current status, development prospects and application in landscape architecture)]. Yalta, GBU RK "NBS-NSC" Publ., 2015, 435 p. (In Russian)
18. Chichkanova E.S., Bagrikova N.A., Korotkov O.I., Goncharova O.I. Taxonomic composition of collection funds of succulent plants in some botanical gardens and scientific institutions of the CIS. In: *Sbornik nauchnykh trudov GNBS* [Collection of scientific works of the GNBS]. 2018, vol. 148, pp. 167-169. (In Russian)
19. Belousova O.V. Introduction of species of the genus *Opuntia* Mill. in the Nikitsky Botanical Garden (Crimea, Ukraine). *Sukkulentny. Succulents bilingual* [Succulents. Succulents bilingual]. 1998, no. 1, pp. 8-10. (In Russian)
20. Gubanov T.B., Belousova O.V. Physiological aspects of frost resistance of species of the genus *Opuntia* Mill. Vistibiosferonogozapovidnika "Askaniya-Nova" [News of the Askaniya-Nova Biosphere Reserve]. 2003, no. 5, pp. 104-109. (In Russian)
21. Gubanov T.B. Aspects of low-temperature adaptation of stem and leaf succulents. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo* [Scientific notes of the Tavrichesky National University named after V.I. Vernadsky]. 2007, vol. 20, no. 3, pp. 24-31. (In Russian)
22. Gubanov T.B. Comparative characteristic of low-temperature stability of stem and leaf succulents. In: *Sbornik nauchnykh trudov GNBS* [Collection of scientific works of GNSS]. 2008, no. 129, pp. 22-36. (In Russian)
23. Gubanov T.B. Influence of temperature factor on winter hardiness of succulents in the conditions of the Southern coast of Crimea. *Visti Biosfernogo zapovidnika "Askaniya-Nova"* [News of the Askaniya-Nova Biosphere Reserve]. 2012, no. 14, pp. 63-67. (In Russian)
24. Bagrikova N.A., Bondareva L.V., Ryff L.E. Features of the distribution of *Opuntia humifusa* (Raf.) Raf. in the city of Sevastopol. In: *Sbornik nauchnykh trudov GNBS* [Collection of scientific works of the GNSS]. 2014, vol. 139, pp. 32-46. (In Russian)
25. Belousova O.V., Bagrikova N.A. Naturalization of *Opuntia* (Tournef.) Mill. in the Central South Coast of Crimea. *Introduktsiya roslin* [Introduction plants]. 1999, no. 3-4, pp. 33-37. (In Russian)
26. Degano C., Alonso M. E., Ochoa J., Catan A. Seed characterization and scanning electron microscope (SEM) morphology of the testa of three groups of Argentine *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae). *J. PACD*. 1997, pp. 103-113.
27. Habibi Y., Heux L., Mahrouz M., Vignon M. R. Morphological and structural study of seed pericarp of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. *Carbohydrate polymers Journal*, 2008, vol. 72, no. 1, pp. 102-112. DOI: 10.1016/j.carbpol.2007.07.032
28. Samah S., Valadez-Moctezuma E., Ventura-Zapata E. Morphological seed differentiation between cultivars of xocnostles and tunas (*Opuntia* spp.). *Acta Horti*, 2015, vol. 1067, no. 45, pp. 1027-1044. DOI: 10.17660/Acta Horti.2015.1067.49
29. Verloove F., Pascual M. S. New records of Cactaceae from Gran Canaria (Canary, islands, Spain). *Haseltonia*, 2017, no. 23, pp. 79-91. DOI: 10.2985/026.023.0111
30. Verloove F., Rodriguez A. M., Salas-Pascual M., Guiggi A. New Cactus records from Grain Canaria with a key to the *Opuntioideae* species now established in the Canary Islands (Spain). *Haseltonia*, 2018, vol. 2018, no. 25, pp. 115-124. DOI: 10.11646/zootaxa.4674.5.5
31. Vashadze V.N. Review of the harmful fauna of woody, shrubby and decorative flower stands of the Black Sea coast of Western Georgia. In: *Trudy Sukhumskogo botanicheskogo sada* [Transactions of Sukhumi Botanical Garden]. 1955, vol. 8, pp. 387-396. (In Russian)
32. Kozarzhenskaya E.F. *Vrediteli dekorativnykh rastenii. Shchitovki, lozhnoshchitovki, chervetsy* [Pests of ornamental plants. Scabies, false shields, worms]. Moscow, Nauka Publ., 1992, 358 p. (In Russian)
33. Oberemok V.V., Laikova E.V., Zaitsev A.S., Niadar P.M., Gushchin V.A., Makarov V.V., Shumskikh M.N., Talipova N.R., Galchinsky N.V., Gninenko Yu.I. Creation of DNA insecticides – a new direction in plant protection. *Zashchita i karantin rastenii* [Plant protection and quarantine]. 2016, no. 11, pp. 14-16. (In Russian)
34. Gal'chinsky N., Useinov R., Yatskova E., Laikova K., Novikov I., Gorlov M., Trikoz N., Sharmagiy A., Plugatar Yu., Oberemok V.A. breakthrough in the efficiency of contact DNA insecticides: rapid high mortality rates in the sap-

- sucking insects *Dynaspidiotus britannicus* Comstock and *Unaspis euonymi* Newstead. *Journal of Plant Protection Research*, 2020, vol. 60, iss. 2, pp. 220-223. DOI: 10.24425/jppr.2020.133315
35. Oberemok V.V. *Ekologicheskie osnovy kontrolya chislennosti listogryzushchikh nasekomykh s primeneniem DNK-insektitsidov*. Avtoref. dis. na soiskanie uchenoi stepeni doktora biologicheskikh nauk [Ecological basis for controlling the number of leaf-eating insects using DNA insecticides. Abstract. dis. for the degree of Doctor of Biological Sciences]. Yalta, Nikitsky Botanical Garden, 2019, 50 p. (In Russian)
36. Oberemok V.V., Laikova K.V., Useinov R.Z., Gal'chinsky N.V., Novikov I.A., Yurchenko K. A., Volkov M.E., Gorlov M.V., Brailko V.A., Plugatar Yu.V. Insecticidal activity of three 10-12 nucleotides long antisense sequences from 5.8 S ribosomal RNA gene of gypsy moth *Lymantria dispar* L. against its larvae. *Journal of Plant Protection Research*, 2019, vol. 59, no. 4, pp. 561-564.
37. Dolzhenko V.I., Laptiev A.B., Burkova L.A., Dolzhenko O.V., Kungurtseva O.V., Grishechkina L.D., Ishkova T.I., Makhankova T.A., Golubev A.S., Chermenskaya T.D., Yakovlev A.A., Dovgilevich A.V., Kasatov I.S., Kruchina S.N., Orekhov D.A., Rakitsky V.N., Sinitskaya T.A., Fedorova N.E., Mortgage G.A., Shapoval O.A. et al. *Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam pestitsidov v chaste biologicheskoi effektivnosti* [Methodological guidelines for registration tests of pesticides in terms of biological effectiveness]. Moscow, Ministry of Agriculture of Russia Publ., 2018, 56 p. (In Russian)
38. Borchsenius N.S. *Karantinnye i blizkie k nim vidy koktsid (Coccidae) SSSR* [Quarantine and close species of coccid (Coccidae) of the USSR]. Tbilisi, Gosizdat Publ., 1937, pp. 120-126. (In Russian)
39. Borchsenius N.S. *Prakticheskii opredelitel' koktsid kul'turnykh rastenii lesnykh porod SSSR* [A practical guide to coccidum of cultivated plants and forest species of the USSR]. Moscow, Academy of Sciences Publ., 1963, 150 p. (In Russian)
40. *Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam insektitsidov, akaritsidov, molluskotsidov i rodentsidov v sel'skom khozyaistve*. [Methodological guidelines for registration tests of insecticides, acaricides, molluskocides and rodenticides in agriculture]. Saint Petersburg, 2009, pp. 29-30. (In Russian)
41. The Plant List. 2013. Available at: <http://www.theplantlist.org/> (accessed 15.02.2019)
42. IPNI: The International Plant Names Index. 2019. Available at: <http://www.ipni.org> (accessed 12.02.2019)
43. Buxbaum F. *Morphology of cacti. Section III. Fruits and seeds* [Morphology of cacti. Section III. Fruits and seeds]. Pasadena, Abbey Garden Pasadena, 1953, 401 p.
44. Borovikov V.P. *"Statistica 13.0": Iskusstvo analiza dannykh na komp'yutere* ["Statistica 13.0": The art of analyzing on a computer]. St. Petersburg, Piter Publ., 2003, 688 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Юрий В. Плугатарь проанализировал данные, написал рукопись. Е.С. Чичканова проанализировала данные, написала рукопись, внесла редакторские правки, оформила статью. Владимир В. Оберемок разработал ДНК-инсектицид, на основе которого проведены исследования, проанализировал данные, написал рукопись, внес редакторские правки, оформил статью. Екатерина В. Яцкова провела эксперимент. Александр К. Шармагий помог провести эксперимент, проанализировать данные. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Yurii V. Plugatar, Elena S. Chichkanova, Vladimir V. Oberemok analysed the data and wrote the manuscript. Elena S. Chichkanova and Vladimir V. Oberemok made editorial changes to the article. Vladimir V. Oberemok developed the DNA insecticide "Cactus-NBG" used for investigations. Ekaterina V. Yatskova conducted the experiment. Alexander K. Sharmagii helped conduct the experiment and analysed the data. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism or other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Юрий В. Плугатарь / Yurii V. Plugatar <http://orcid.org/0000-0001-5262-8957>
 Елена С. Чичканова / Elena S. Chichkanova <http://orcid.org/0000-0002-8930-8022>
 Екатерина В. Яцкова / Ekaterina V. Yatskova <http://orcid.org/0000-0002-0620-9724>
 Александр К. Шармагий / Alexandr K. Sharmagii <http://orcid.org/0000-0003-0418-1980>
 Владимир В. Оберемок / Vladimir V. Oberemok <http://orcid.org/0000-0001-7472-2389>