

Обзорная статья / Review article

УДК 578.85/578.346:57.063.7/8

DOI: 10.18470/1992-1098-2023-4-91-103

Вирус огуречной мозаики в декоративных культурах на российском Дальнем Востоке

Валентина Ф. Толкач¹, Юрий Г. Волков¹, Надежда Н. Какарека¹, Максим Р. Алиев²,
Михаил Ю. Щелканов^{1,2,3}

¹Федеральный научный Центр биологического разнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия

²Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

³НИИ Эпидемиологии и микробиологии им. Г.П. Сомова Роспотребнадзора, Владивосток, Россия

Контактное лицо

Михаил Ю. Щелканов, доктор биологических наук, заведующий лабораторией вирусологии ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения Российской академии наук; 690022 Россия, Владивосток, ул. Столетия Владивостоку, д. 159/1.

Тел. +79245297109

Email adorob@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8610-7623>

Формат цитирования

Толкач В.Ф., Волков Ю.Г., Какарека Н.Н., Алиев М.Р., Щелканов М.Ю. Вирус огуречной мозаики в декоративных культурах на российском Дальнем Востоке // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 4. С. 91-103. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-4-91-103

Получена 6 августа 2023 г.

Прошла рецензирование 24 сентября 2023 г.

Принята 5 октября 2023 г.

Резюме

Цель. Обобщить и проанализировать научные данные о штаммах вируса огуречной мозаики (CMV – Cucumber mosaic virus) (Martellivirales: Bromoviridae, *Cucumovirus*), выделенных из декоративных растений на территории Дальнего Востока Российской Федерации.

Обсуждение. В работе описана структура генома и трипартитная организация вирионов CMV. Описаны штаммы этого вируса, изолированные от декоративных культур юга российского Дальнего Востока: бальзамина, большого львиного зева, георгинов, гладиолуса гибридного, дельфиниума гибридного, камбрии, канны индийской, катлеи, лилии тигровой, петунии гибридной, примулы обратноконической, фаленопсиса, фатсхедеры Литца, фикуса Бенджамина, штокровы обыкновенной, эхинацеи пурпурной. Систематизированы физико-химические свойства (точка термической инактивации, период сохранения инфекционности при температуре 20°C, предельное разведение сока, вызывающее заболевание здоровых растений) и симптоматика указанных штаммов на широком спектре видов и сортов индикаторных растений по данным Российской коллекции вирусов Восточной Азии, функционирующей на базе лаборатории вирусологии ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН.

Заключение. Сдерживающим фактором развития цветоводства являются инфекционные болезни, среди которых наибольшее значение имеют вирусные инфекции, включая CMV, который на юге российского Дальнего Востока демонстрирует высокое штаммовое разнообразие. В связи с этим исследование биологических, физико-химических, иммунохимических и молекулярно-биологических свойств CMV является актуальной задачей, так как открывает возможность изучения изолятов этого вируса и классификации его штаммов с учётом индивидуальных особенностей и родственных взаимоотношений.

Ключевые слова

Вирус огуречной мозаики, *Cucumovirus*, декоративные растения, штаммовые различия, фитопатология, Дальний Восток.

Cucumber mosaic virus among ornamental crops in the Russian Far East

Valentina F. Tolkach¹, Yuri G. Volkov¹, Nadezhda N. Kakareka¹, Maxim R. Aliev²
and Mikhail Yu. Shchelkanov^{1,2,3}

¹Federal Scientific Centre for East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

²Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

³G.P. Somov Institute of Epidemiology and Microbiology, Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Vladivostok, Russia

Principal contact

Mikhail Yu. Shchelkanov, Doctor of Biological Sciences, Chief, Laboratory of Virology, Federal Scientific Centre of East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences; 159/1 Stoletiya Vladivostoku Ave., Vladivostok, Russia 690022.

Tel. +79245297109

Email adorob@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8610-7623>

How to cite this article

Tolkach V.F., Volkov Yu.G., Kakareka N.N., Aliev M.R., Shchelkanov M.Yu. Cucumber mosaic virus among ornamental crops in the Russian Far East. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 4, pp. 91-103. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-4-91-103

Received 6 August 2023

Revised 24 September 2023

Accepted 5 October 2023

Abstract

Aim. To summarise and analyse scientific data on Cucumber mosaic virus strains (CMV – Cucumber mosaic virus) (Martellivirales: Bromoviridae, Cucumovirus) isolated from ornamental plants in the Far East of the Russian Federation.

Discussion. The paper describes the genome structure and tripartite organization of CMV virions. Strains of this virus isolated from ornamental cultures in the south of the Russian Far East are described: Garden balsam, Common snapdragon, Dahlias, Hybrid gladiolus, Hybrid delphinium, Cambria, Indian canna, Cattleya, Tiger lily, Garden petunia, *Primula obconica*, Moth orchids, Fatshedera from Lize Freres, Weeping fig, Common hollyhock, Purple coneflower. The physicochemical properties (i.e. point of thermal inactivation, period of preservation of infectivity at a temperature of 20°C, maximum dilution of juice causing disease of healthy plants) and the symptoms of these strains on a wide range of species and varieties of indicator plants are systematised according to the Russian Collection of East Asian Viruses, functioning at the Laboratory of Virology of the Federal Scientific Center for East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences.

Conclusions. The limiting factor in the development of floriculture is infectious diseases, among which viral infections (including CMV) are of the greatest importance, demonstrating a high strain diversity in the south of the Russian Far East. Thus, the study of the biological, physico-chemical, immunochemical and molecular biological properties of CMV is an urgent task, as it opens up the possibility of studying isolates of this virus and classifying its strains taking into account individual characteristics and kinship relationships.

Key Words

Cucumber mosaic virus, *Cucumovirus*, ornamental plants, strain differences, phytopathology, Far East.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время накоплен значительный объем научных данных о крайне негативном влиянии вирусных болезней на рост и продуктивность цветочно-декоративных культур, хотя, в историческом плане, вирусным заболеваниям этих растений первоначально уделялось гораздо меньше внимания, чем продовольственным культурам [1; 2].

В Российской Федерации большое внимание традиционно уделяется озеленению населенных пунктов, промышленных предприятий и выносных магистралей; ландшафтный дизайн активно осваивает сферу создания новых парков, скверов, цветников, подвесных зелёных ограждений, художественных газонов и клумб, повышающих качество жизни населения не только в крупных городах, но и в отдаленных поселках [3]. С повышением культурного уровня населения неуклонно повышается спрос на букетную продукцию различного формата. Необходимым элементом жилых, офисных и производственных помещений становятся комнатные растения, которые благодаря выделению фитонцидов обогащают окружающую среду кислородом, очищают воздух от пыли, аэрозолей и других нежелательных примесей [4; 5].

В процессе индустриального развития общества, роста культурных и эстетических потребностей человечества, закономерно возрастает спрос на декоративные растения, а промышленное цветоводство во многих странах мира является наиболее динамично развивающейся отраслью растениеводства [6]. На рубеже XX–XXI веков мировой рынок имел тенденцию к постоянному росту цен на декоративные растения. Несмотря на мировой кризис начала 2000-х годов, эта отрасль постепенно восстанавливает своё значение, а в Российской Федерации она оказалась вообще почти не затронута кризисом. В последние годы во многих регионах России интенсивно развивается цветоводство и в открытом грунте. К настоящему времени, возросло выращивание цветочных культур высокого качества, расширился их ассортимент, увеличилось разнообразие сортов, а также выпуск посадочного и посевного материала [7].

Сдерживающим фактором развития цветоводства являются инфекционные болезни, среди которых наибольшее значение имеют вирусные инфекции, влияющие на декоративные качества, ухудшающие физиологическое состояние растений, что, в конечном итоге, наносит значительный экономический ущерб [8]. Особенный вред вирусы наносят цветочным культурам, которые размножаются вегетативно, где постоянным источником инфекции является инфицированный посадочный материал (луковицы, клубнелуковицы и т.п.). Негативное влияние вирусов на репродуктивную способность растений приводит к фенотипическому изменению признаков сорта, снижению урожая на 40–70 % и вырождению восприимчивых к вирусам сортов. Важным фактором является гетерогенность вирусных популяций, представленных различными вирусами и штаммами с разнообразными биологическими свойствами, а также совместной инфекцией несколькими видами вирусов [2; 9]. В связи с этим растения, пораженные вирусами, являются серьезными источниками вирусной инфекции, которая при наличии насекомых-переносчиков (например, тлей) легко

распространяется в природе, особенно, на растения овощных и ягодных видов [10–12].

В Российской Федерации вирусы и связанные с ними болезни декоративных растений традиционно изучаются недостаточно интенсивно. Ранние работы некоторых авторов [2; 13–15] носили преимущественно описательный характер. Изучение видового состава вирусов на цветочных культурах в средней полосе России, в настоящее время, активно осуществляется сотрудниками Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН [16; 17]. Расширение международных связей в последнее десятилетие способствует завозу из-за рубежа значительного количества посадочного и семенного материала. В связи с этим, в нашу страну попадают вредоносные, в том числе – неизвестные ранее вирусы растений. Поэтому для выращивания качественной продукции декоративных культур необходимо систематически обследовать растения как открытого, так и закрытого грунта, идентифицировать выявленные заболевания, изучать их этиологию с целью своевременного осуществления профилактических и защитных мероприятий.

Интенсивное изучение вирусных болезней цветочно-декоративных растений на Дальнем Востоке России, особенно – в последнее десятилетие, осуществляется сотрудниками лаборатории вирусологии ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, на базе которой успешно функционирует Российская государственная коллекция вирусов Восточной Азии [18]. По нашим наблюдениям, поражение вирусами декоративных культур в этом регионе неуклонно возрастает. Одним из наиболее опасных для декоративных культур является вирус огуречной мозаики (CMV – *Cucumber mosaic virus*) (Martellivirales: Bromoviridae, *Cucumovirus*), анализу штаммового разнообразия которого на российском Дальнем Востоке посвящена данная работа.

ОБСУЖДЕНИЕ

Впервые CMV был описан в 1916 г. [19]. В середине прошлого века обстоятельные исследования CMV проведены во многих странах Азиатско-Тихоокеанского региона. Так, японские исследователи интенсивно изучают этот вирус, начиная с середины 1960-х гг. Сделан большой вклад в разработку методик его идентификации в растениях и выделения, способов дифференциации штаммов и изолятов, в определение их взаимоотношений, в исследование генома, в том числе – сателлитной РНК [20; 21]. Работы по диагностике CMV, идентификации его изолятов и изучению их свойств интенсивно проводятся в КНР и Корею [22–24]. Значительное внимание уделяется изучению свойств штаммов и изолятов CMV в странах Юго-Восточной [25] и Южной [26; 27] Азии.

Подобно другим представителям рода *Cucumovirus*, вирион CMV представляет собой безоболочечную псевдосферическую частицу икосаэдрической симметрии диаметром 28–32 нм (рис. 1), хотя могут встречаться и удлинённые частицы до 40 нм. Геном представлен тремя 5'-кэпированными 3'-трНК-подобными сегментами одноцепочечной РНК позитивной полярности, обозначаемых РНК-1 (3357 н.о.), РНК-2 (3050 н.о.) и РНК-3 (2216 н.о.), которые распределены по разным вирионам (трипартитный вирус). Вирусные частицы, содержащие РНК-2, могут содержать дополнительный сегмент РНК-4А (450 н.о.), а

вирусные частицы, содержащие РНК-3, - дополнительный сегмент РНК-4 (1030 н.о.). Сегмент РНК-1 кодирует белок 1а, N-концевой фрагмент которого обладает метилтрансферазной активностью и формирует 5'-кэп у дочерних генетических сегментов; С-концевой фрагмент 1а способен функционировать как геликаза, расплетающая дуплекс РНК, который формируется в результате работы РНК-зависимой РНК-полимеразы (белка 2а), кодируемой РНК-2. Ещё одна ORF РНК-2, расположенная ближе к 3'-концу, кодирует белок 2b, который подавляет способность растения-хозяина препятствовать распространению вируса. ORF 2b содержит и дополнительный сегмент РНК-4А. РНК-3 имеет две ORF: для белка 3а, или МР (от англ. movement protein), принимающего участие в распространении вируса по тканям растения-хозяина, и 3b, или СР (от англ. coat protein), формирующего оболочку вириона. ORF 3b представлена также отдельным дополнительным сегментом РНК-4. В природных условиях вирусные частицы различных сегментов CMV могут содержать различные сателлитные РНК (сатРНК) длиной 300–400 н.о., модулирующие уровень репликации вируса в различных хозяевах. Несмотря на различия по содержанию в вирионах генетического материала, все они имеют близкий по значению коэффициент

седиментации $S_{20,w} = 99 S$ и плавучую плотность в градиенте CsCl, равную $1,367 \text{ г/см}^3$ [27–29].

CMV имеет широкий круг хозяев, заражая свыше 1300 видов более, чем 500 родов и 100 ботанических семейств однодольных и двудольных растений, включая овощные, декоративные, плодово-ягодные и сорные растения [1]. Наиболее часто встречающимися симптомами CMV-инфекции являются карликовость растений, нитевидность листьев, хлороз, некроз, хлоротичная крапчатость, вздутия листовой пластинки (рис. 1) [2; 11; 12]. У декоративных растений этот вирус может вызывать мозаичность и деформацию листьев, задержку роста, нарушение окраски и пороки развития цветков.

CMV передается с одного растения на другое, главным образом, тлями (Hemiptera: Aphidoidea) контактным путём переносителю (т.е. без репродукции вируса в тканях переносчика) [10; 11; 30; 31]. Часто развиваются массовые заражения (эпифитотии), охватывающие значительные площади. Особенно выраженный характер такие эпифитотии имеют в культурных ландшафтах [1; 2]. В зимний период CMV может сохраняться в корневой системе двух- и многолетних растений. С семенами CMV передаётся только у представителей семейства тыквенных (Cucurbitaceae).

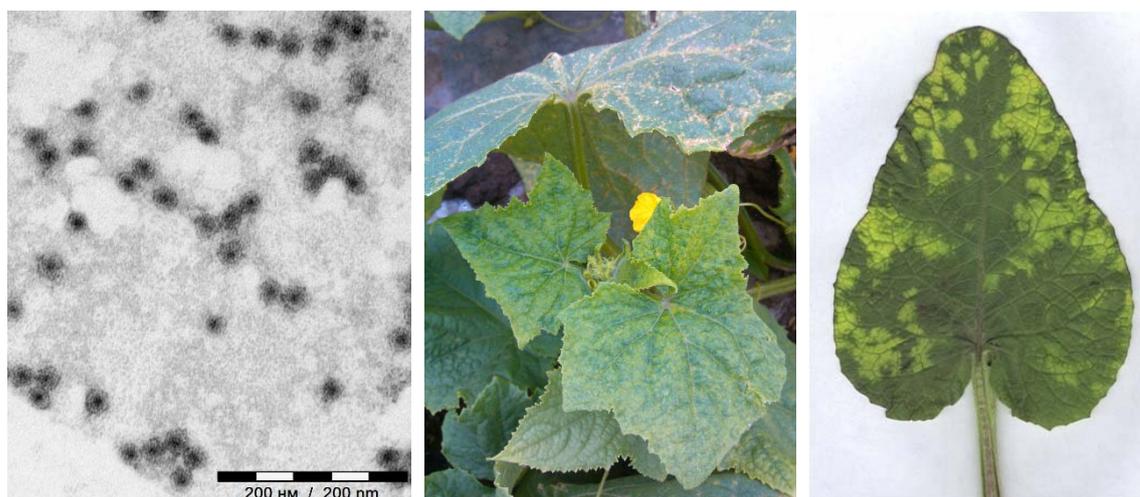


Рисунок 1. Электронно-микроскопическая фотография вирусных частиц CMV в клеточном соке львиного зева (*Antirrhinum majus*) (слева); симптомы CMV-инфекции на листьях огурца обыкновенного (*Cucumis sativus*) (в центре) и репейника (*Arctium lappa*) (справа) [из архива Российской коллекции вирусов Восточной Азии]

Figure 1. Electron microscope photograph of CMV virus particles in the cell sap of the Common snapdragon (*Antirrhinum majus*) cell (left); symptoms of CMV infection on leaves of Common cucumber (*Cucumis sativus*) (centre) and Edible burdock (*Arctium lappa*) (right) [from the Archive of the Russian Collection of East Asian Viruses]

По данным Российской коллекции вирусов Восточной Азии, функционирующей на базе лаборатории вирусологии ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН [18], за первые шестьдесят лет функционирования этого подразделения (с 1962 г.) на Дальнем Востоке в цветочно-декоративных культурах выявлено 27 штаммов CMV. Анализ результатов биологических, физико-химических и антигенных свойств позволяет отнести эти штаммы к обширной группе наиболее распространенных вариантов CMV. Указанные штаммы были изолированы из следующих декоративных растений, имевших разнообразные патологические проявления инфекционного процесса [2; 32; 33]:

- бальзамин (*Impatiens balsamina*) с симптомами светлой окраски листьев, слабой облиственностью и обильным цветением с последующим пожелтением листьев и быстрым увяданием и осыпанием цветков;
- гладиолус гибридный (*Gladiolus hybridus*) с симптомами темно-окрашенных продолговатых пятен на лепестках цветков и светло-зелеными штрихами на листьях;
- дельфиниум гибридный (*Delphinium hybridum*) с желтой кольцевой пятнистостью на листьях, деформированными и уменьшенными в размерах цветками;
- канна индийская (*Canna indica*) с симптомами в форме чередующихся полос желтого и светло-зеленого

цвета на листьях, продолговатыми некротическими пятнами на лепестках цветов;

- лилия тигровая (*Lilium tigrinum*) с симптомами светло-зеленой и буровато-зеленой штриховатой мозаики;
- примула обратноконическая (*Primula obconica*) с морщинистой мозаикой листьев, измельченностью и обесцвеченной пятнистостью цветков;
- эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea*) с осветлением жилок, с развитием в морщинистую мозаику, и лепестками цветков с рваными краями.

В последнее десятилетие CMV-подобная симптоматика постоянно выявляется на растениях из семейств норичниковых (Scrophulariaceae), пасленовых (Solanaceae), мальвовых (Malvaceae), орхидных (Orchidaceae), астровых (Asteraceae) и тутовых (Moraceae) в Приморском и Хабаровском краях, Еврейской автономной, Амурской и Сахалинской областях (табл. 1).

На перспективной для Дальнего Востока декоративной культуре львиный зев (*Antirrhinum majus*), отличающейся большим сортовым разнообразием, и выращиваемой и на срезку, и как клумбовое растение, выявлен изолят CMV с симптомами карликовости, хлоротичной пятнистости и сужения листьев (рис. 2). Растение, пораженное вирусом, было обнаружено в частном хозяйстве Лесозаводского района Приморского края. Литературных данных о заболевании львиного зева CMV не найдено, хотя экспериментальным путем этот вид растений заражается многими вирусами, особенно, выделенными из бобовых культур, например, вирусом штриховатости гороха (PeSV – Pea streak carlavirus) (Tymovirales: Betaflexiviridae, *Carlavirus*) и увядания бобов (BBWV – Broad bean wild fabavirus) (Picornavirales: Secoviridae, *Fabavirus*) [2; 11; 18; 31].

Таблица 1. Физико-химические свойства штаммов вируса огуречной мозаики, изолированных от декоративных культур в Приморском крае

Table 1. Physico-chemical properties of cucumber mosaic virus strains isolated from ornamental crops in Primorsky krai

Источник изоляции Source of isolation	ТТИ, °C TIP, °C	ПСИ ₂₀ , сут. LIV ₂₀ , days	ПРС DEP
Бальзамин / Garden balsam (<i>Impatiens balsamina</i>)	65-70	3-7	н.д. / n.d.
Большой львиный зев / Common snapdragon (<i>Antirrhinum majus</i>)	50-60	2	10 ⁻¹ -10 ⁻²
Гладиолус гибридный / Sword lily (<i>Gladiolus hybridus</i>)	65-70	3-4	н.д. / n.d.
Дельфиниум гибридный / Garden delphinium (<i>Delphinium hybridus</i>)	65-70	3-4	н.д. / n.d.
Камбрия / Cambria (<i>Cambria</i> spp.)	45-50	1	10 ⁻¹ -10 ⁻²
Канна индийская / Indian shot (<i>Canna indica</i>)	67-68	3-4	н.д. / n.d.
Каттлея / Cattleya (<i>Cattleya</i> spp.)	55-60	4	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁶
Огурец обыкновенный (источник изоляции типового штамма) Cucumber (source of typical strain isolation) (<i>Cucumis sativus</i>)	55-70	1-10	10 ⁻³ -10 ⁻⁴
Петуния гибридная / Garden petunia (<i>Petunia hybrida</i>)	65-70	3-5	н.д. / n.d.
Примула обратноконическая / Primula obconica (<i>Primula obconica</i>)	65-70	3-5	10 ⁻³ -10 ⁻⁴
Фаленопсис / Moth orchids (<i>Phalaenopsis</i> spp.)	75-80	4	10 ⁻³ -10 ⁻⁴
Фатсхедера Литца / Fatshedera from lize freres (<i>Fatshedera litzei</i>)	55-60	4	10 ⁻⁴ -10 ⁻⁵
Штокроза обыкновенная / Common hollyhock (<i>Alcea rosea</i>)	75-80	5	10 ⁻² -10 ⁻³
Эхинацея пурпурная / Purple coneflower (<i>Echinacea purpurea</i>)	66-67	3-4	н.д. / n.d.

Обозначения: ТТИ – точка термической инактивации; ПСИ₂₀ – период сохранения инфекционности при температуре 20 °C;

ПРС – предельное разведение сока, вызывающее заболевание здоровых растений; н.д. – нет данных

Designations: TIP – terminal inactivation point; LIV₂₀ – longevity in vitro at a temperature of 20 °C;

DEP – dilution endpoint causing disease in healthy plants; n.d. – no data

Еще один изолят ВОМ выявлен на петунии гибридной (*Petunia hybrida*) из семейства пасленовых (Solanaceae) – садовый гибрид петунии пазушной (*P. axillaris*) и петунии фиолетовой (*P. violacea*), известной как многолетник, но в садовой культуре, выращиваемой как однолетнее растение. *P. hybrida* с симптомами вздутия листьев, чередованием светло- и темно-зеленых участков ткани листовой пластинки и стягивания главной жилки листа выявлена в коллекции декоративных культур на Приморской овощной опытной станции (г. Артем). В процессе идентификации возбудителя заболевания был выявлен CMV. Из всех известных вирусов, поражающих петунии, CMV встречается чаще всего и является наиболее вредоносным.

Штокроза обыкновенная (*Alcea rosea*) из семейства Мальвовые (Malvaceae) (особенно махровые формы) в последнее время пользуется огромной популярностью у цветоводов Дальнего Востока для оформления садовых участков и клумб (особенно в сельских поселениях). В Приморском крае это растение с симптомами яркой кольцевой мозаики вблизи коллекционного участка овощных культур в Приморском

НИИ сельского хозяйства (Уссурийский городской округ). Установлено, что растение поражено CMV. Учитывая основные направления работы указанного НИИ по селекции овощных культур, эта находка свидетельствует о потенциальной угрозе вирусной инфекции для овощных растений.

Георгины (*Dahlia pinnata*) – многолетние растения из семейства сложноцветных (Asteraceae) – отличаются большим (более 15 тыс.) сортовым разнообразием и поражаются комплексом различных вирусов. Но наиболее опасным является именно CMV. В частных хозяйствах на георгинах нами выявлен только этот вирус. Растения, инфицированные CMV, отличаются хлоротичным окаймлением жилок и яркой крапчатостью листьев (рис. 3). Иногда наблюдали измельчение и деформацию цветков. На протяжении последних 10 лет проводятся регулярные визуальные и иммунохимические обследования коллекционного сортового питомника георгинов и других видов декоративных растений в Ботаническом саде-институте ДВО РАН на наличие вирусов. В результате комплексных эколого-вирусологических исследований на территории Приморского края нам

удалось установить, что большинство сортов заражены CMV. В 2007–2022 гг. из 85 сортов обследованных

георгинов симптомы вирусного поражения имели 44 сорта.



Рисунок 2. Растения большого львиного зева (*Antirrhinum majus*): незаражённое (слева); заражённое CMV (в центре и справа) [из архива Российской коллекции вирусов Восточной Азии]

Figure 2. Common snapdragon (*Antirrhinum majus*) plants: uninfected (left); infected by CMV (center and right) [from the Archive of the Russian Collection of East Asian Viruses]



Рисунок 3. Симптомы CMV-инфекции на георгинах (*Dahlia pinnata*) [из архива Российской коллекции вирусов Восточной Азии]

Figure 3. Symptoms of CMV infection on Dahlias (*Dahlia pinnata*) [from the Archive of the Russian Collection of East Asian Viruses]

Помимо цветковых растений открытого грунта, CMV выделен и изучен на комнатных растениях закрытого грунта (табл. 2).

В коллекции Ботанического сада-института ДВО РАН среди растений фатсхедеры Литца (*Fatschedera litzei*) из семейства аралиевых (Araliaceae) – необычно неприхотливой вечнозеленой комнатной лиане, не требующей много света – выявлены экземпляры, зараженные CMV, с симптомами светло-зеленой мозаики и деформации. Ещё одно заболевание обнаружено на фикусе Бенджамина (*Ficus benjamina*) из

семейства тутовых (Moraceae) с симптомами кольцевой мозаики, предоставленном цветоводом-любителем [34]. На основании изучения морфологии вирусных частиц, передачи вируса механической инокуляцией сока и тлями, антигенных свойств, а также проведенной сравнительной характеристики биологических свойств (круга растений-хозяев, симптоматологии, физических свойств вирионов) исследуемые изоляты из фикуса Бенджамена и фатсхедеры Литца отнесены к группе обычных штаммов CMV.

Таблица 2. Реакция тест-растений на заражение изолятами вируса опутречной мозаики, выявленными на цветочно-декоративных растениях российского Дальнего Востока
Table 2. Reaction of test plants to infection with cucumber mosaic virus isolates detected on flower and ornamental plants in the Russian Far East

Тест-растение Indicator plant	Источник изоляции штамма / Source of strain isolation							
	Фигус Бенджамина (<i>Ficus benjamina</i>)	Фатехедера Лицца (<i>Fatsyhedera litzzi</i>)	Петуния гибридная (<i>Petunia hybrida</i>)	Штокроза обыкновенная (<i>Alicea rosea</i>)	Львиный зев Common snapdragon (<i>Antirrhinum majus</i>)	Каттлея (<i>Cattleya</i> spp.)	Фаленопис Moth orchids (<i>Phalaenopsis</i> spp.)	Камбрия Cambria (<i>Cambria</i> spp.)
Львиный зев / Common snapdragon (<i>Antirrhinum majus</i>)	S:Cl, Stu	S:ClVe, Dis	S:Stu, Dis, NM	S:Stu, Dis, Roll	S:Cl, Dis, Stu	S:Dis, Stu	S:Cl	0
Сельдерей пахучий сорта Паскаль / Celery var. Pascal (<i>Apium graveolens</i> cv Pascal)	0	0	0	0	0	0	0	S:Dis, Cl
Амарант метельчатый / Amaranth paniculata (<i>Amaranthus paniculatus</i>)	0	0	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.
Амарант гибридный / Green amaranth (<i>Amaranthus hybridus</i>)	0	0	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.
Китайская астра / China aster (<i>Callistephus chinensis</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0
Огурец обыкновенный / Cucumber (<i>Cucumis sativus</i>)	по сортам / according to varieties							
Турниф / Turnip	S:ClMot	0	0	S:GrMot	0	0	0	0
Водолей / Vodooley	0	0	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.
Восток / Vostok	0	0	0	S:ClMot	0	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.
ДВ-6 / DV-6	0	S:ClMot	0	S:ClMot, ClVe	0	S:ClSp	0	S:ClM, ClVe
ДВ-27 / DV-27	0	0	0	S:ClMot	0	0	0	0
Каскад / Kaskad	0	0	S:ClM	0	0	0	0	S:ClVe, ClMot, Dis
Уссурийский-3 / Ussuriskiy-3	0	0	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.
Феникс / Feniks	0	0	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.
Хабар / Khabar	0	0	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	S:ClMot, Sp	0	0
Марь остроколючая / Dysphania amaranticolor (<i>Chenopodium amaranticolor</i>)	0	0	L:N	0	0	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.
Марь амброзиевидная / Dysphania ambrosioides (<i>Chenopodium ambrosioides</i>)	0	0	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.
Киноа / Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>)	0	0	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	0	0	L:N
Перец овощной однолетний / Pepper (<i>Capsicum annuum</i>)	по сортам / according to varieties							
Богатырь / Bogatyr	0	S:Cl, Stu	S:Cl, DisVe	S:Cl, DisVe, Stu	S:DisVe, ClMot	S:ClMot, DisVe	0	S:ClVe
Золотое калифорнийское чудо / Zolotoe kalifornijskoe chudo	0	0	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.
Арбуз обыкновенный / Watermelon (<i>Citrullus vulgaris</i>)	S:Cl, Mot	0	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.
Тыква гигантская сорта Анаанасная / Giant pumpkin var. Ananasnaya (<i>Cucurbita maxima</i> cv Ananasnaya)	0	0	0	S:ClVe, Cl	S:ClVe	0	S:ClMot, ClM	0

Макорна / Strong tobacco (<i>Nicotiana rustica</i>)	0	S:ClVe, Dis, Stu, Rug	S:Cl, Dis	S:ClMot	S:ClMot, ClSp	S:Cl, Roll	S:ClVe, Dis	S:Cl, Dis
по сортам / according to varieties								
Табак обыкновенный / Cultivated tobacco (<i>Nicotiana tabacum</i>)								
Самсун / Samsun	L:ClSp, S:ClVe, ClRM, Dis	S:ClVe	S:ClM, Dis	S:Cl, Dis, ClMot	S:ClVe, ClSp	S:ClMot	S:ClVe, Dis, ClMot	S:ClM
Ксанги / Xanthi	S:ClVe	S:ClVe, Cl, GrMot, Dis	S:ClVe, Cl	S:Cl, Dis, ClMot	S:ClBdVe	S:Cl Mot	S:ClVe, Stu, Dis	S:ClVe, ClMot, Dis, Stu
Петунья гибридная / Garden petunia (<i>Petunia hybrida</i>)	S:ClVe, ClMot, Dis	S:GrM	S:GrM, Dis, ClMot	S:ClVe, DisVe	S:Dis, Cl	S:Cl, Dis, GrMot, Stu	S:Cl	S:Cl
Физалис флоридский сорта Кондитерский / Husk tomato var. Konditersky (<i>Physalis floridana</i> cv Konditersky)	0	S:Cl, Dis	0	0	0	0	0	0
Физалис земляничный / Mungo (<i>Physalis mungo</i>)	0	0	S:GrMot, Dis	0	0	0	0	S:DisVe, Cl
Фасоль обыкновенная / Common bean (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0
Баклажан / Eggplant (<i>Solanum melongena</i>)								
Фюлоготове чуда / Fioletовое chuda	0	0	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	0	0	0
Черный красавец / Чернухи Красавец	0	S:Cl, GrSp	0	0	0	0	0	0
Шпинат отгородный / Spinach (<i>Spinacia oleracea</i>)	0	0	0	S:ClVe, Dis, DisVe	S:O	0	0	0
Бархатцы прямостоячие / Aztec marigold (<i>Tagetes erecta</i>)	S:ClVe, ClMot	0	0	0	0	0	0	S:Cl, Mot
Шпинат новозеландский / New Zealand spinach (<i>Tetragonia expansa</i>)	0	0	0	0	0	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.	н.д. / n.d.
Пажитник сенной / Fenugreek (<i>Trigonella foenum-graecum</i>)	0	0	0	0	0	L:N	0	0
Боб конский / Broad bean (<i>Vicia faba unguiculata</i>)	0	L:N	L:N	0	0	0	0	0
Королевый горох / Cowpea (<i>Vigna unguiculata</i>)	0	0	S:Dis, ClMot	0	0	0	0	0
Цинния изящная сорта Новый аттракцион / Elegant zinnia var. Novy Attraktion (<i>Zinnia elegans</i> cv Novy Attraktion)	S:Cl, Mot, Dis	0	S:ClMot, Dis	S:ClMot, DisVe	S:ClMot	S:ClM, Cl, Dis	0	0

Примечание: н.д. – нет данных; 0 – не заражается; Cl – хлороз листа; ClMot – хлоротичная крапчатость; ClSp – хлоротичная пятнистость; ClVe – хлороз жилки; Dis – деформация; GrMot – зеленая крапчатость; GrBdVe – зеленое окаймление жилки листа; GrM – зеленая мозаика; GrSp – зеленая мозаика; GSp – зеленая пятнистость; M – мозаика; N – локальное поражение; NR – некротические кольца; Rug – морщинистость; S – системное поражение; S:O – бессимптомное заражение; Stu – задержка роста
 Note: n.d. – no data; 0 – not infected; Cl – chlorosis of leaf; ClMot – chlorotic mottling; ClSp – chlorotic spotting; ClVe – chlorosis of veins; Dis – deformation; GrMot – green mottling; GrBdVe – green fringing of leaf veins; GrM – green mosaic; GrSp – green spotting; M – mosaic; N – local lesion; NR – necrotic rings; Rug – wrinkling; S – systemic lesion; S:O – asymptomatic infection; Stu – growth retardation

На юге Дальнего Востока России CMV впервые был идентифицирован у орхидей – представителей семейства ятрышниковых, или орхидных (Orchidaceae) – выращиваемых как комнатные растения [35]:

- каттлея (*Cattleya* spp.) с симптомами посветления жилок листьев;

- камбрия (*Cambria* spp.) с деформацией листьев и карликовостью растения;
- фаленопсис (*Phalaenopsis* spp.) с хлоротичной штриховатостью листьев (рис. 4).



Рисунок 4. Симптомы CMV-инфекции на листьях фаленопсиса (*Phalaenopsis* spp.) [из архива Российской коллекции вирусов Восточной Азии]

Figure 4. Symptoms of CMV infection on phalaenopsis (*Phalaenopsis* spp.) leaves [from the Archive of the Russian Collection of East Asian Viruses]

Образцы орхидей с симптомами вирусного поражения были доставлены в лабораторию для исследования цветоводами-орхидеистами. Ранее по биологическим характеристикам штаммы ВОМ на ДВ России был и отнесены к группе I. При более детальной идентификации с использованием молекулярно-генетических методов с участием сотрудников института сельскохозяйственной биотехнологии (г. Москва) в 2008 г. была установлена принадлежность изолятов ВОМ из петунии, каттлеи и камбрии к подгруппе изолятов IV (Восточно-Азиатских штаммов). Филогенетический анализ первичных последовательностей 2b гена изолятов CMV из *Cattleya* spp. и *Cambria* spp., показал, что эти приморские изоляты CMV объединяются в самостоятельную группу, достаточно отстоящую от зарубежных штаммов этого вируса [36]. Показано, что выявленные дальневосточные изоляты CMV легко переносятся тлями, механически и прививкой, перезимовывают в клубнях и луковицах. Поскольку многие виды цветочно-декоративных культур размножаются вегетативно, поэтому инфицированные CMV экземпляры могут передавать вирусную инфекцию непосредственно своему потомству. Так что, существующая прямая опасность распространения

этого патогена среди декоративных (и не только) культур, в настоящее время весьма актуальна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

CMV характеризуется большим штаммовым разнообразием, и количество выявляемых в различных странах и регионах штаммов, постоянно увеличивается. В связи с этим исследование биологических, физико-химических, иммунохимических и молекулярно-биологических свойств CMV является актуальной задачей, так как открывает возможность изучения изолятов этого вируса и классификации его штаммов с учётом индивидуальных особенностей и родственных взаимоотношений.

Для того, чтобы минимизировать риск распространения CMV необходимо соблюдать ряд профилактических мер. Обязательное условие – высаживание в садах клубней, луковиц, черенков и семян только от здоровых маточных растений. В течение лета необходимо просматривать растения на наличие насекомых (при необходимости проводить обработку растений), а подозрительные на вирусные заболевания экземпляры с неравномерно окрашенными листьями и цветами, низкорослостью и

искривлёнными листьями (за исключением сортовых признаков) просто удалять, поскольку растения инфицированные CMV не выздоравливают. А поскольку CMV легко передается с одного растения на другое через инструменты и руки при черенковании, срезке и т.д., очень важно, чтобы в посадках не было инфицированных экземпляров. Необходимо обязательно обрабатывать инструменты после каждого среза дезинфицирующим раствором (например, крепким раствором KMnO₄). Кроме того, следует обеспечить хорошую проветриваемость и освещённость участка в открытом грунте, не допускать загущенности посадок. За весь период выращивания растений важно постоянно бороться с переносчиками, клубни и луковицы выкапывать только в сухую погоду и тщательно просушивать на солнце в течение 2–3 ч, а также необходимо предохранять их от повреждений.

В настоящее время стали популярными декоративные многолетние и однолетние растения, поступающие к потребителю с закрытой корневой системой, что позволяет культивировать их в открытом грунте и более продолжительное время размножать черенками и розетками. Поэтому возникает реальная опасность появления и быстрого распространения новых, ранее не встречавшихся вирусных заболеваний, а также их переносчиков.

Следовательно, очень важно внимательно относиться к приобретаемым растениям, так как самый быстрый путь получить больное растение – это посадочный материал.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Hull R. Plant virology. UK: Academic press, 2013. 1104 p.
- Щелканов М.Ю., Какарека Н.Н., Волков Ю.Г., Толкач В.Ф. Становление фитовирусологии на Дальнем Востоке в контексте развития отечественной вирусологии. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2022. 142 с.
- Шихова Н.С., Полякова Е.В. Деревья и кустарники в озеленении города Владивостока. Владивосток: Дальнаука, 2006. 234 с.
- Пескова А., Пескова М., Стафеева В., Мухина Е. Систематика, морфология и экология комнатных растений. Москва: Изд-во АСТ, 2017. 94 с.
- Позднякова А.В., Резвицкий Т.Х., Тикиджан Р.А., Митлаш А.В., Калашник В.Ю. Влияние комнатных растений на психо-эмоциональное состояние человека // The Scientific Heritage. 2021. N 58–1(58). С. 34–35. <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-58-1-34-35>
- Kuzichev O.B., Kuzicheva N.Y. Innovative processes in floriculture: current status, problems and prospects // Indian Journal of Science and Technology. 2016. V. 9. N 16. Article ID: 89804. <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i16/89804>
- Кузичев О.Б., Кузичева Н.Ю., Полянских Р.А. Современное состояние цветоводства в России и перспективы развития // Наука и образование. 2019. Т. 2. N 4. Article ID: 172.
- Malter A. The dynamic nature of the market for ornamentals: Implications for virus research // Acta Horticulture. 1996. V. 432. P. 28–35. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1996.432.2>
- Рыбалко А.Е. Об оздоровлении растений от вирусных заболеваний методами культуры тканей (на примере цветочных растений) // Сельскохозяйственная биология. 1984. N 4. С. 80–81.
- Какарека Н.Н., Толкач В.Ф., Сапоцкий М.В., Волков Ю.Г., Щелканов М.Ю. Насекомые-переносчики вирусных заболеваний картофеля на Дальнем Востоке // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. 2019. N 30. С. 191–199. <https://doi.org/10.25221/kurentzov.30.18>
- Толкач В.Ф., Какарека Н.Н., Волков Ю.Г., Козловская З.Н., Сапоцкий М.В., Плешакова Т.И., Дьяконов К.П., Щелканов М.Ю. Вирусные болезни овощных и бахчевых сельскохозяйственных культур на юге Дальнего Востока // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. N 4. С. 121–133. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-4-121-133>
- Волков Ю.Г., Какарека Н.Н., Толкач В.Ф., Щелканов М.Ю. Вирусные заболевания плодово-ягодных культур на юге российского Дальнего Востока // Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17. N 4. С. 88–100. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-4-88-100>
- Проценко А.Е. О резервации вируса лилий // В кн.: Вирусологические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВЦ СО АН СССР, 1969. С. 192–194.
- Корнеева И.Т. Вирусные болезни декоративных растений. М.: Издательство литературы по строительству, 1964. 42 с.
- Сергеева В.Г. Вирусное заболевание гортензии (*Hydrangea macrophylla* (Thunb.) D.C.) // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. 1968. N 10. С. 92–95.
- Келдыш М.А., Васильева И.В., Червякова О.Н., Помазков Ю.И. Значение вирусов в сохранении генофонда цветочных культур // Материалы III международной конференции «Цветоводство – сегодня и завтра», Москва, 12–14 июля, 1998. С. 130–132.
- Келдыш М.А., Червякова О.Н. Иммунный статус цветочно-декоративных растений в коллекциях Главного ботанического сада РАН (вирусные и грибные патогены) // Плодоводство и ягодоводство России. 2022. Т. 70. С. 83–92.
- Щелканов М.Ю., Волков Ю.Г., Какарека Н.Н., Козловская З.Н., Сапоцкий М.В., Толкач В.Ф., Плешакова Т.И., Гапека А.В., Галкина И.В. Организация Российской государственной коллекции вирусов Восточной Азии на базе ДВО РАН // Материалы международной научной конференции «Приморские Зори – 2017», Владивосток, 20–22 апреля, 2017. С. 466–470.
- Doolittle S.P. A new infectious mosaic disease of cucumber // Phytopathology. 1916. V. 6. P. 145–147.
- Shohara K., Osaki T. Precipitation and purification of cucumber mosaic virus by polyethylene glycol and reverse concentration PEG gradient centrifugation // Annals of the Phytopathological Society of Japan. 1974. V. 40. N 3. P. 265–267.
- Hidaka S., Tsunasawa S., Yoon J., Narita K., Takanami Y., Kubo S., Miura K. Messenger RNA structure participating in the initiation of synthesis of cucumber mosaic virus coat protein // Journal Biochemistry. 1985. V. 997. N 1. P. 161–171. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jbchem.a135040>
- He L., Wang Q., Gu Z., Liao Q., Palukaitis P., Du Z. A conserved RNA structure is essential for a satellite RNA-mediated inhibition of helper virus accumulation // Nucleic Acids Research. 2019. V. 47. N 15. P. 8255–8271. <https://doi.org/10.1093/nar/gkz564>
- Ryu K.H., Park W.M. Complementary DNA hybridization analysis of double-stranded RNAs associated with cucumber mosaic virus-As strain // Journal of Phytopathology. 1995. V. 143. N 11–12. P. 683–687.
- Chen Y.-K. Occurrence of Cucumber mosaic virus in ornamental plants and perspectives of transgenic control. Wageningen University, the Netherlands: Wageningen University Press, 2003. 151 p.
- Tsuchizaki T., Iwaki M. Cucumber mosaic virus isolated from winged beans in Thailand and from asparagus beans in Indonesia // Technical Bulletin Tropical Agricultural Research Center, 1986. V. 21. P. 223–227.
- Mohan S., Lakshmanan P. Outbreak of CMV on Musa sp. in Tamil Nadu, India // Phytoparasitica. 1988. V. 16. P. 281–282.

27. Raj S.K., Haq Q.M.R., Srivastava K.M., Singh B.P. Sequence homology of 2 Indian isolates of cucumber mosaic virus N-terminal amino-acid sequences of the coat protein gene with CMV strains // *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*. 1995. V. 4. N 2. P. 77–80.
28. Palukaitis P., García-Arenal F. Cucumoviruses // *Advances in Virus Research*. 2003. V. 62. P. 241–323.
29. García-Arenal F., Palukaitis P. Structure and functional relationships of satellite RNAs of Cucumber mosaic virus // *Current Topics in Microbiology and Immunology*. 1999. V. 239. P. 37–63.
30. Толкач В.Ф., Какарека Н.Н., Волков Ю.Г., Щелканов М.Ю. Вирусы овощных культур Дальнего Востока России и их переносчики // *Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова*. 2019. Вып. 30. С. 200–210. <https://doi.org/10.25221/kurentzov.30.19>
31. Волков Ю.Г., Какарека Н.Н., Толкач В.Ф., Дьяконов К.П., Москвина Т.В., Щелканов М.Ю. Тли (Homoptera: Aphididae) – переносчики вирусных болезней бобовых на Дальнем Востоке // *Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова*. 2019. Вып. 30. С. 211–222. <https://doi.org/10.25221/kurentzov.30.20>
32. Гнутова Р.В. Таксономия вирусов растений Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2009. 466 с.
33. Толкач В.Ф., Гнутова Р.В. Восточно-азиатские изоляты вируса огуречной мозаики на декоративных растениях в Приморье // *Вестник защиты растений*. 2011. N 3. С. 45–52.
34. Толкач В.Ф., Гнутова Р.В. Поражение многолетних растений из семейств Аралиевые и Тутовые вирусом огуречной мозаики // *Вестник защиты растений*. 2010. N 2. С. 36–41.
35. Толкач В.Ф., Гнутова Р.В. Характеристика растений семейства Orchidaceae, поражённых вирусом огуречной мозаики // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2007. N 4. С. 165–172.
36. Gnutova R.V., Nesselov I.B., Vischnichenko V.K., Tolkach V.F. Phylogenetic analysis on 2b gene of cucumber mosaic cucumovirus // *Proceeding of VI-th International Conference “Bioresources and viruses”*, Kiev, 14–17 September, 2010. P. 204–205.
8. Malter A. The dynamic nature of the market for ornamentals: Implications for virus research. *Acta Horticulture*, 1996, vol. 432, pp. 28–35. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1996.432.2>
9. Rybalko A.E. On the improvement of plants from viral diseases by methods of tissue culture (on the example of flower plants). *Sel'skohozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. 1984, no. 4, pp. 80–81. (In Russian)
10. Kakareka N.N., Tolkach V.F., Sapotsky M.V., Volkov Yu.G., Schelkanov M.Yu. Insects-vectors of potato viral diseases in the Far East. *Readings in memory of Alexey Ivanovich Kurentsov*, 2019, no. 30, pp. 191–199. (In Russian) <https://doi.org/10.25221/kurentzov.30.18>
11. Tolkach V.F., Kakareka N.N., Volkov Yu.G., Kozlovskaya Z.N., Sapotsky M.V., Pleshakova T.I., Dyakonov K.P., Schelkanov M.Yu. Viral diseases of vegetable and melon crops in the south of the Far East. *South of Russia: ecology, development*, 2019, vol. 14, no. 4, pp. 121–133. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-4-121-133>
12. Volkov Yu.G., Kakareka N.N., Tolkach V.F., Schelkanov M.Yu. Viral diseases of fruit and berry crops in the south of the Russian Far East. *South of Russia: ecology, development*, 2022, vol. 17, no. 4, pp. 88–100. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-4-88-100>
13. Protsenko A.E. About the reservation of the lily virus. In: *Virusologicheskie issledovaniya na Dal'nem Vostoke [Virological research in the Far East]*. Vladivostok, Far Eastern Scientific Center of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences, 1969, pp. 192–194. (In Russian)
14. Korneeva I.T. *Virusnye bolezni dekorativnykh rastenii [Viral diseases of ornamental plants]*. Moscow, Publ. House of Literature on construction, 1964, 42 p. (In Russian)
15. Sergeeva V.G. Viral disease of hydrangea (*Hydrangea macrophylla* (Thunb.) D.C). *Nauchnye doklady vysshei shkoly. Biologicheskie nauki [Scientific reports of the higher school. Biological sciences]*. 1968, no. 10, pp. 92–95. (In Russian)
16. Keldysh M.A., Vasilyeva I.V., Chervyakova O.N., Pomazkov Yu.I. Znachenie virusov v sohraneni genofonda cvetochnykh kul'tur [The importance of viruses in preserving the gene pool of flower crops]. *Materialy III mezhdunarodnoi konferencii «Cvetovodstvo – segodnya i zavtra»*, Moskva, 12–14 iyulya 1998 [Proceedings of the III International Conference "Floriculture – Today and Tomorrow", Moscow, 12–14 July 1998]. Moscow, 1998, pp. 130–132. (In Russian)
17. Keldysh M.A., Chervyakova O.N. Immune status of flower and ornamental plants in the collections of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (viral and fungal pathogens). *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii [Fruit and berry growing in Russia]*. 2022, vol. 70, pp. 83–92. (In Russian)
18. Schelkanov M.Yu., Volkov Yu.G., Kakareka N.N., Kozlovskaya Z.N., Sapotsky M.V., Tolkach V.F., Pleshakova T.I., Gapeka A.V., Galkina I.V. Organizaciya Rossiiskoi gosudarstvennoi kollekcii virusov Vostochnoi Azii na baze DVO RAN [Organization of the Russian State Collection of East Asian Viruses on the basis of the FEB RAS]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferencii «Primorskie Zori – 2017»*, Vladivostok, 20–22 aprelya 2017 [Materials of the international scientific conference "Primorye Dawns – 2017", Vladivostok, 20–22 April 2017]. Vladivostok, 2017, pp. 466–470. (In Russian)
19. Doolittle S.P. A new infectious mosaic disease of cucumber. *Phytopathology*. 1916, vol. 6, pp. 145–147.
20. Shohara K., Osaki T. Precipitation and purification of cucumber mosaic virus by polyethylene glycol and reverse concentration PEG gradient centrifugation. *Annals of the Phytopathological Society of Japan*. 1974, vol. 40, no. 3, pp. 265–267.
21. Hidaka S., Tsunasawa S., Yoon J., Narita K., Takanami Y., Kubo S., Miura K. Messenger RNA structure participating in the initiation of synthesis of cucumber mosaic virus coat protein.

- Journal Biochemistry*, 1985, vol. 97, no. 1, pp. 161–171. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jbchem.a135040>.
22. He L., Wang Q., Gu Z., Liao Q., Palukaitis P., Du Z. A conserved RNA structure is essential for a satellite RNA-mediated inhibition of helper virus accumulation. *Nucleic Acids Research*, 2019, vol. 47, no. 15, pp. 8255–8271. <https://doi.org/10.1093/nar/gkz564>
23. Ryu K.H., Park W.M. Complementary DNA hybridization analysis of double-stranded RNAs associated with cucumber mosaic virus-Asian strain. *Journal of Phytopathology*. 1995, vol. 143, no. 11–12, pp. 683–687.
24. Chen Y.-K. Occurrence of Cucumber mosaic virus in ornamental plants and perspectives of transgenic control. Wageningen University, the Netherlands, Wageningen University Press Publ., 2003, 151 p.
25. Tsuchizaki T., Iwaki M. Cucumber mosaic virus isolated from winged beans in Thailand and from asparagus beans in Indonesia. *Technical Bulletin Tropical Agricultural Research Center*. 1986, vol. 21, pp. 223–227.
26. Mohan S., Lakshmanan P. Outbreak of CMV on *Musa* sp. in Tamil Nadu, India. *Phytoparasitica*. 1988, vol. 16, pp. 281–282.
27. Raj S.K., Haq Q.M.R., Srivastava K.M., Singh B.P. Sequence homology of 2 Indian isolates of cucumber mosaic virus N-terminal amino-acid sequences of the coat protein gene with CMV strains. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*. 1995, vol. 4, no. 2, pp. 77–80.
28. Palukaitis P., García-Arenal F. Cucumoviruses. *Advances in Virus Research*. 2003, vol. 62, pp. 241–323.
29. García-Arenal F., Palukaitis P. Structure and functional relationships of satellite RNAs of Cucumber mosaic virus. *Current Topics in Microbiology and Immunology*. 1999, vol. 239, pp. 37–63.
30. Tolkach V.F., Kakareka N.N., Volkov Yu.G., Schelkanov M.Yu. Viruses of vegetable crops of the Russian Far East and their vectors. *Readings in memory of Alexei Ivanovich Kurentsov*, 2019, no. 30, pp. 200–210. (In Russian) <https://doi.org/10.25221/kurentzov.30.19>
31. Volkov Yu.G., Kakareka N.N., Tolkach V.F., Dyakonov K.P., Moskvina T.V., Schelkanov M.Yu. Aphids (Homoptera: Aphididae) are carriers of viral diseases of legumes in the Far East. *Readings in memory of Alexei Ivanovich Kurentsov*, 2019, no. 30, pp. 211–222. (In Russian) <https://doi.org/10.25221/kurentzov.30.20>
32. Gnutova R.V. *Taksonomiya virusov rastenii Dal'nego Vostoka Rossii* [Taxonomy of plant viruses of the Russian Far East]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 2009, 466 p. (In Russian)
33. Tolkach V.F., Gnutova R.V. East Asian isolates of cucumber mosaic virus on ornamental plants in Primorye. *Vestnik zashchity rastenii* [Bulletin of Plant Protection]. 2011, no. 3, pp. 45–52. (In Russian)
34. Tolkach V.F., Gnutova R.V. Defeat of perennial plants from the families Araliaceae and Mulberries by cucumber mosaic virus. *Vestnik zashchity rastenii* [Bulletin of Plant Protection]. 2010, no. 2, pp. 36–41.
35. Tolkach V.F., Gnutova R.V. Characteristics of plants of the Orchidaceae family affected by the cucumber mosaic virus. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skhozyaistvennoi akademii* [News of the Timiryazev Agricultural Academy]. 2007, no. 4, pp. 165–172. (In Russian)
36. Gnutova R.V., Nesmelov I.B., Vischnichenko V.K., Tolkach V.F. Phylogenetic analysis on 2b gene of cucumber mosaic cucumovirus. *Proceeding of VI-th International Conference "Bioresources and viruses"*, Kiev, 14–17 September, 2010, pp. 204–205.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Валентина Ф. Толкач, Юрий Г. Волков, Надежда Н. Какарека, Максим Р. Алиев и Михаил Ю. Щелканов разработали концепцию статьи, подготовили ее текст. Михаил Ю. Щелканов отредактировал рукопись до подачи её в редакцию. Валентина Ф. Толкач, Юрий Г. Волков, Надежда Н. Какарека и Максим Р. Алиев участвовали в сборе полевого материала, подборе литературы и ее анализе. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Valentina F. Tolkach, Yuri G. Volkov, Nadezhda N. Kakareka, Maxim R. Aliev and Mikhail Yu. Shchelkanov developed the concept of the article and prepared the text. Mikhail Yu. Shchelkanov edited the manuscript before submitting it to the Editor. Valentina F. Tolkach, Yuri G. Volkov, Nadezhda N. Kakareka and Maxim R. Aliev participated in the collection of field material and the selection of literature and its analysis. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Валентина Ф. Толкач / Valentina F. Tolkach <https://orcid.org/0000-0002-1893-9580>
 Юрий Г. Волков / Yuri G. Volkov <https://orcid.org/0000-0002-4631-1678>
 Надежда Н. Какарека / Nadezhda N. Kakareka <https://orcid.org/0000-0002-2567-0452>
 Максим Р. Алиев / Maxim R. Aliev <https://orcid.org/0000-0003-1676-1405>
 Михаил Ю. Щелканов / Mikhail Yu. Shchelkanov <https://orcid.org/0000-0001-8610-7623>