

Карантинные для Российской Федерации бактериозы видов *Ralstonia*

Е.Ю. ШНЕЙДЕР¹, Н.В. ДРЕНОВА², Е.В. КАРИМОВА³

^{1,2,3} ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия

¹ e-mail: seunch@mail.ru

² ORCID 0000-0003-4020-2910, e-mail: drenova@mail.ru

³ ORCID 0000-0001-6474-8913, e-mail: elenavkar@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В ФГБУ «ВНИИКР» в 2018–2019 гг. подготовлены анализы фитосанитарного риска по возбудителям бактериальных болезней, входящих в видовой комплекс *Ralstonia solanacearum sensu lato*. Данный видовой комплекс включен в перечни Европейской и Средиземноморской организации по карантину и защите растений (ЕОКЗР) и Европейского союза (ЕС) и реклассифицирован в 2018 г. в 3 различных вида: *R. solanacearum* (A2), *R. pseudosolanacearum* (A2) и *R. syzygii* (A1). В процессе подготовки анализов фитосанитарного риска проведено изучение таксономического положения данных видов, сбор, обобщение и анализ данных по их географическому распространению, фитосанитарному статусу, растениям-хозяевам в странах распространения, биологическим особенностям, методам выявления и идентификации, способам распространения данных видов, а также их вредоносности, в том числе в экономическом измерении. По результатам исследований биологии рассмотренных видов, анализа условий, способствующих проникновению и акклиматизации возбудителей, а также их потенциальной вредоносности определен их фитосанитарный риск для территории Российской Федерации. Установлено, что все рассмотренные виды отвечают критериям карантинных организмов и могут распространиться на территории Российской Федерации, принося значительный ущерб поражаемым культурам.

Ключевые слова. Анализ фитосанитарного риска, видовой комплекс, филоотипы, *Ralstonia solanacearum sensu lato*, ареалы, растения-хозяева, ЕПКО ЕАЭС.

ВВЕДЕНИЕ



80-х гг. прошлого столетия в странах Европы впервые были зарегистрированы случаи поражения картофеля бактериальным заболеванием, вызываемым возбудителем *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. Оно было широко распространено в странах с субтропическим и тропическим

Quarantine bacterioses *Ralstonia* spp. for the Russian Federation

E.YU. SHNEYDER¹, N.V. DRENOVA², E.V. KARIMOVA³

^{1,2,3} FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center" (FGBU "VNIICR"), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia

¹ e-mail: seunch@mail.ru

² ORCID 0000-0003-4020-2910, e-mail: drenova@mail.ru

³ ORCID 0000-0001-6474-8913, e-mail: elenavkar@mail.ru

ABSTRACT

In 2018–2019, FGBU "VNIICR" prepared pest risk analyses on agents of bacterial diseases included in the species complex *Ralstonia solanacearum sensu lato*. This species complex is included in the lists of the European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) and the European Union (EU) and reclassified in 2018 into 3 different species: *R. solanacearum* (A2), *R. pseudosolanacearum* (A2) and *R. syzygii* (A1). In the process of preparing pest risk analyses, the taxonomic position of these species was studied, the collection, synthesis and analysis of data on their geographical distribution, phytosanitary status, host plants in the countries of distribution, biological characteristics, methods of detection and identification, pathways of these species, as well as their harmfulness, including in the economic dimension. According to the results of studies of the biology of the considered species, analysis of conditions favorable for the introduction and adaptation of pests, as well as their potential harmfulness, their phytosanitary risk for the territory of the Russian Federation was determined. It has been established that all considered species meet the criteria of quarantine organisms and can spread on the territory of the Russian Federation, causing significant damage to crops.

Key words. Pest risk analysis, species complex, phylotypes, *Ralstonia solanacearum sensu lato*, areas, host plants, Common List of Quarantine Objects of the Eurasian Economic Union.

INTRODUCTION

Since the 1980s, in European countries, cases of potato infection with a bacterial disease caused by the pest *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. have been first recorded. It was widespread in countries with subtropical and tropical climates and caused serious damage not only to potatoes, but also to a number of

климатом и наносило серьезный ущерб не только картофелю, но и ряду других растений семейства пасленовых, а также возделываемым растениям других семейств. С 1975 г. возбудитель *R. solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. был включен в Перечень вредных организмов ЕОКЗР (список А2), с 1992 г. – в Перечень ЕС, а с 2016 г. – в Единый перечень ЕАЭС. Патоген был описан Prior & Fegan (Prior, Fegan, 2005) как бактерия, распространенная в четырех филоטיפах видовой группы. Каждый филотип включает множество филогенетических и патогенных вариантов, различающихся генами баркодирования (включая ITS, *hrpB*, *mutS* и *egl*), известными как последовательности. Исторически сложилось, что видовой комплекс был признан как ряд фенотипически разнообразных штаммов, которые первоначально были помещены в 5 патогенных рас и 5 биоваров (Buddenhagen et al., 1962; Buddenhagen et al., 1964; Hayward, 1964). Недавно он был реклассифицирован (Safni et al., 2014) в 3 различных вида: *R. solanacearum* (филотип II), *R. pseudosolanacearum* (филоטיפы I и III) и *R. syzygii* (филотип IV). В настоящее время *R. solanacearum* классифицируют не только как отдельный вид, но в связи с большим количеством различных поражаемых растений-хозяев, патогенной специализацией, культуральными и физиологическими свойствами, а также его филогенией описывается видовой комплекс *R. solanacearum sensu lato*. Понятие «видовой комплекс» стало более распространенным. Филогенетические исследования выявили 4 филоטיפа (на основе анализа последовательностей региона ITS) в этом комплексе: филотип I (штаммы азиатского происхождения), филотип II (штаммы южноамериканского происхождения), филотип III (штаммы, появившиеся в высокогорных районах Африки) и филотип IV (штаммы Индонезии, Японии, Австралии). В настоящее время таксономия видовой группы *R. solanacearum sensu lato* была пересмотрена с использованием комбинации геномных и протеомных методов. После ревизии видовой группы *Ralstonia solanacearum sensu lato* был реклассифицирован в 2018 г. в 3 отдельных вида: *R. solanacearum*, *R. pseudosolanacearum* и *R. syzygii*. Было установлено, что это новое разделение видов совпадает с предыдущей классификацией филоטיפов: *R. solanacearum* (филотип II), *R. pseudosolanacearum* (филоטיפы I и III), и *R. syzygii* (филотип IV). В связи с этим появилась необходимость изучения видов видовой группы *Ralstonia solanacearum* в соответствии с новой классификацией.

Основной задачей службы карантина растений является защита территории страны от опасных вредных организмов, способных нанести серьезный экономический ущерб сельскому хозяйству. Импорт продукции, зараженной карантинными вредными организмами, является одной из основных угроз для фитосанитарного благополучия Российской Федерации. На территории России действует Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза (ЕПКО ЕАЭС, далее Перечень), утвержденный Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 30 ноября 2016 г. В данный Перечень входят отсутствующие и ограниченно распространенные на территории Российской Федерации карантинные вредные организмы, способные поражать

other plants of the Solanaceae family, as well as cultivated plants of other families. Since 1975, the pathogen *R. solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. was included in the EPPO A2 List of pests recommended for regulation as quarantine pests, since 1992 – in the EU List, since 2016 – EAEU Common List. The pathogen was described by Prior & Fegan (Prior, Fegan, 2005) as a bacterium distributed in four phylotypes of a species complex. Each phylotype includes many phylogenetic and pathogenic variants differing in barcoding genes (including ITS, *hrpB*, *mutS* and *egl*), referred to as sequences. Historically, the species complex was recognized as a series of phenotypically diverse strains that were originally placed in 5 pathogenic races and 5 biovars (Buddenhagen et al., 1962; Buddenhagen et al., 1964; Hayward, 1964). It has been recently reclassified (Safni et al., 2014) into 3 different species: *R. solanacearum* (phylotype II), *R. pseudosolanacearum* (phylotypes I and III) and *R. syzygii* (phylotype IV). At present, *R. solanacearum* is classified not only as a separate species, but due to the large number of different affected host plants, pathogenic specialization, cultural and physiological properties, as well as its phylogeny, it is described by the species complex *R. solanacearum sensu lato*. The concept of “species complex” has become more widespread. Phylogenetic studies revealed 4 phylotypes (based on sequence analysis of the ITS region) in this complex: phylotype I (strains of Asian origin), phylotype II (strains of South American origin), phylotype III (strains that appeared in the highlands of Africa) and phylotype IV (strains of Indonesia, Japan, Australia). Currently, the taxonomy of species complex *R. solanacearum sensu lato* has been revised using a combination of genomic and proteomic techniques. After revision, the species complex *Ralstonia solanacearum sensu lato* was reclassified in 2018 into 3 separate species: *R. solanacearum*, *R. pseudosolanacearum* and *R. syzygii*. It was found that this new division of species coincides with the previous classification of phylotypes: *R. solanacearum* (phylotype II), *R. pseudosolanacearum* (phylotypes I and III), and *R. syzygii* (phylotype IV). In this regard, it became necessary to study the species of the species complex *Ralstonia solanacearum* according to the new classification.

The main task of the plant quarantine service is to protect the territory of the country from dangerous pests that can cause serious economic damage to agriculture. Import of products contaminated with quarantine pests is one of the main threats to the phytosanitary well-being of the Russian Federation. In Russia, there is a Common List of Quarantine Objects of the Eurasian Economic Union (hereinafter the List), approved by the Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission of November 30, 2016. This List includes quarantine pests that are absent and limitedly present in the territory of the Russian Federation, which can affect the main agricultural crops and cause significant crop losses. Until now, for the Russian Federation and the countries of the Eurasian Economic Union, the agent of brown potato rot *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. was the only bacterial quarantine pest in Solanaceae crops.

основные сельскохозяйственные культуры и вызывать значительные потери урожая. До настоящего времени для Российской Федерации и стран, входящих в Евразийский экономический союз, возбудитель бурой гнили картофеля *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. являлся единственным бактериальным карантинным вредным организмом пасленовых культур.

На сегодняшний день нет строго установленной приуроченности филогенетических и патогенных свойств к различным филотипам. Для новых предлагаемых видов и подвидов видового комплекса *Ralstonia solanacearum* необходимо установить их географическое распространение и новые списки заражаемых растений-хозяев. Такой таксономический пересмотр представляет достаточно серьезную сложность при управлении информационными системами (например, при обработке ранее известной и новой информации) и в отношении здоровья растений (например, политика, диагностика, управление). В результате пересмотра таксономии видового комплекса возникла необходимость в проведении более детального рассмотрения отдельных видов *R. solanacearum sensu lato* в качестве возможных карантинных вредных организмов для Российской Федерации и ЕАЭС.

Карантинный для стран ЕАЭС вид *Ralstonia solanacearum*, а также 2 вида, не включенные в настоящее время в Перечень ЕАЭС, – *R. pseudosolanacearum* и *R. syzygii*, которые входят в видовой комплекс *Ralstonia solanacearum sensu lato*, являются потенциально опасными для России на основании проведенных для этих видов анализов фитосанитарного риска и предложены в качестве карантинных организмов для включения в Перечень ЕАЭС как видовой комплекс (Шнейдер, 2018; Шнейдер, Дренова, 2019; Шнейдер, Дренова, 2019а).

Значение фитопатогенов, входящих в комплекс *Ralstonia solanacearum sensu lato*, возрастает в связи с большим количеством экономически важных поражаемых культурных растений-хозяев. Эти вредные организмы представляют наибольшую опасность при завозе зараженного семенного и посадочного материала и их возможной акклиматизации на территории Российской Федерации, а также декоративных и дикорастущих растений – возможных переносчиков инфекции. Каждый филотип включает множество филогенетических и патогенных вариантов, различающихся генетически (включая гены ITS, *hrpB*, *mutS* и *egl*).

Рассмотрим изменения в таксономии для каждого вида видового комплекса *Ralstonia solanacearum sensu lato*.

Возбудитель бурой гнили – вид *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. emend. Safni et al. – включен в Перечень вредных организмов ЕОКЗР (список A2) в качестве ограниченно распространенного вредного организма. В связи с этим для него определен новый код – RALSSL, по которому в Глобальную базу данных ЕОКЗР (gd.eppo.int) будет передаваться новая информация по изменениям географического распространения и списку новых растений-хозяев. Вид характеризуется как низкотемпературный, способный развиваться в странах с умеренным климатом.

В вид *R. solanacearum* включены штаммы фило типа II, которые являются штаммами южно-

До date, there is no strictly established confinement of phylogenetic and pathogenic properties to various phylotypes. For new proposed species and subspecies of the species complex *Ralstonia solanacearum*, it is necessary to establish their geographical distribution and new lists of infected host plants. This taxonomic revision presents a significant challenge in the management of information systems (for example, when processing previously known and new information) and in relation to plant health (for example, policy, diagnostics, management). As a result of the revision of the taxonomy of the species complex, it became necessary to conduct a more detailed examination of individual species of *R. solanacearum sensu lato* as possible quarantine pests for the Russian Federation and the EAEU.

Quarantine for the EAEU countries, the species *Ralstonia solanacearum*, as well as 2 species not currently included in the EAEU List, – *R. pseudosolanacearum* and *R. syzygii*, which are part of the species complex *Ralstonia solanacearum sensu lato*, are potentially dangerous for Russia on the basis of pest risk analyses carried out for these pest species and are proposed as quarantine organisms for inclusion in the EAEU List as a species complex (Shneyder, 2018; Shneyder, Drenova, 2019; Shneyder, Drenova, 2019a).

The value of phytopathogens included in the complex *Ralstonia solanacearum sensu lato*, increases due to the large number of economically important affected cultivated host plants. These pests pose the greatest danger during the importation of contaminated seed and planting material and their possible adaptation in the Russian Federation, as well as ornamental and wild plants – possible vectors of infection. Each phylotype includes many phylogenetic and pathogenic variants that differ genetically (including genes ITS, *hrpB*, *mutS* and *egl*).

Let's consider the changes in taxonomy for each species of the species complex *Ralstonia solanacearum sensu lato*.

Brown potato rot – species *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. emend. Safni et al. – is included in the EPPO List of Pests (List A2) as a limitedly present pest. In this regard, a new code has been defined for it – RALSSL, via which new information on changes in geographic distribution and new host list will be submitted to the EPPO Global Database (gd.eppo.int). The species is characterized as low-temperature, capable of developing in countries with a temperate climate.

Strains of phylotype II, which are of South American origin, have been included in the species *R. solanacearum*.

R. pseudosolanacearum Safni, Cleenwerck, de Vos, Fegan, Sly & Kappler included in the EPPO List of Pests (List A2) as a limitedly present pest as a result of revision of the taxonomy of the species complex (Safni et al., 2014). In this regard, a new code has been defined for it – RALSPS, according to which new information on geographical distribution, new lists of host plants and other updates will be transmitted to the EPPO database.

This species includes strains of phylotype I, which are referred to as strains of Asian origin, and strains of phylotype III, found in the African highlands.

американского происхождения.

R. pseudosolanacearum Safni, Cleenwerck, de Vos, Fegan, Sly & Kappler в результате пересмотра таксономии видового комплекса включен в Перечень вредных организмов ЕОКЗР (список A2) в качестве ограниченно распространенного вредного организма (Safni et al., 2014). В связи с этим для него определен новый код – RALSPS, по которому в базу данных ЕОКЗР будет передаваться новая информация по географическому распространению, новые списки растений-хозяев и прочие обновления.

В данный вид включены штаммы филотипа I, которые упоминаются как штаммы азиатского происхождения, и штаммы филотипа III, выявляемые в африканских нагорьях.

Третий вид видового комплекса – *Ralstonia syzygii* (Roberts et al.) Vaneechoutte et al. – включен в Перечень вредных организмов ЕОКЗР (список A1) как отсутствующий на территории стран – членов ЕОКЗР и в карантинные списки многих других стран в качестве отсутствующего вредного организма (Roberts et al., 1990). *R. syzygii* включает штаммы филотипа IV, которые считаются штаммами индонезийского происхождения.

Вид *R. syzygii* представлен тремя подвидами – *R. syzygii* subsp. *syzygii* subsp. nov., *R. syzygii* subsp. *indonesiensis* subsp. nov. и *R. syzygii* subsp. *celebesensis* subsp. nov., распространенными в различных странах с субтропическим и тропическим климатом. В базе данных ЕОКЗР для вида *R. syzygii* и его подвидов были определены коды – *R. syzygii* (RALSSY), *R. syzygii* subsp. *syzygii* (RALSSS), *R. syzygii* subsp. *indonesiensis* (RALSSI) и *R. syzygii* subsp. *celebesensis* (RALSSC). В эту базу также будет передаваться новая информация.

Информация, которая в настоящее время прилагается к отдельным кодам, постепенно будет вноситься в информацию о видовом комплексе (RALSSO).

Сегодня нет официально пересмотренных и уточненных списков по распространению отдельных видов комплекса *R. solanacearum sensu lato* в мире и поражаемым ими растениям.

ОБЗОРНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Географическое распространение видов *R. solanacearum sensu lato*

Если ранее считали, что бактериоз *R. solanacearum* ограничен территориями, расположенными между 45° северной широты и 45° южной широты, то в настоящее время бактерии *R. solanacearum sensu lato* отмечены во многих странах мира с различным климатом (рис. 1).

Вид *Ralstonia solanacearum*

Этот фенотип уже присутствует в регионе ЕОКЗР при небольшом количестве случаев выявления или ограниченном распространении, но имеет потенциал для дальнейшего распространения.

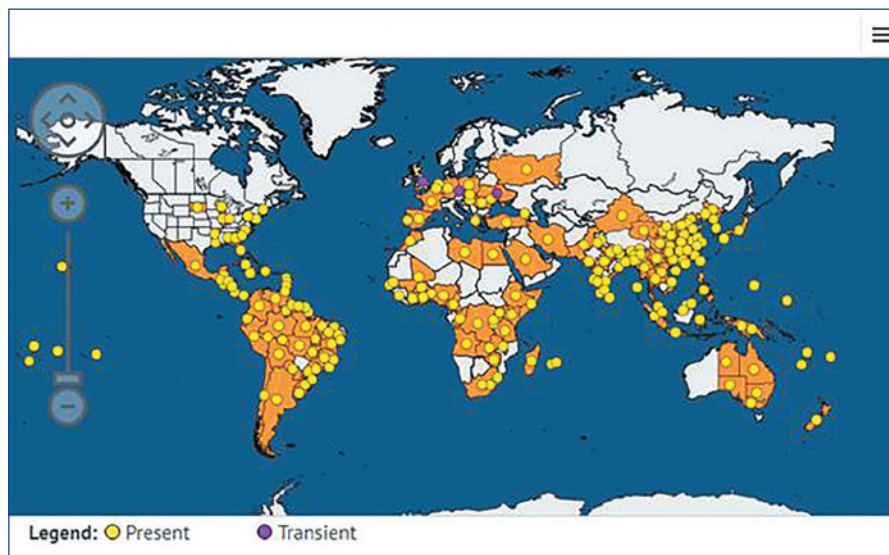


Рис. 1. Распространение *Ralstonia solanacearum sensu lato* в мире (по состоянию на 17.06.2021).
Источник: <https://gd.eppo.int>

Fig. 1. Spreading of *Ralstonia solanacearum sensu lato* in the world (as of 17.06.2021).
Source: <https://gd.eppo.int>

The third species of the species complex – *Ralstonia syzygii* (Roberts et al.) Vaneechoutte et al. – is included in the EPPO List of Pests (List A1) as absent from the territory of EPPO member countries and on the quarantine lists of many other countries as absent pest (Roberts et al., 1990). *R. syzygii* includes strains of phylotype IV, which are considered to be strains of Indonesian origin.

The species *R. syzygii* is represented by three subspecies – *R. syzygii* subsp. *syzygii* subsp. nov., *R. syzygii* subsp. *indonesiensis* subsp. nov. and *R. syzygii* subsp. *celebesensis* subsp. nov., spread in various countries with subtropical and tropical climates. In the EPPO database for the species *R. syzygii* and its subspecies codes have been given – *R. syzygii* (RALSSY), *R. syzygii* subsp. *syzygii* (RALSSS), *R. syzygii* subsp. *indonesiensis* (RALSSI) and *R. syzygii* subsp. *celebesensis* (RALSSC). New information will also be transferred to this base.

The information currently attached to the individual codes will gradually be incorporated into the species complex information (RALSSO).

Today, there are no officially revised and updated lists for the spreading of certain species of the complex *R. solanacearum sensu lato* in the world and the plants affected by them.

OVERVIEW

Geographic area of species *R. solanacearum sensu lato*

If earlier it was believed that bacteriosis *R. solanacearum* was limited by areas located between latitude 45° north latitude and 45° south latitude, bacteria *R. solanacearum sensu lato* are currently recorded in many countries with different climates (Fig. 1).

Species *Ralstonia solanacearum*

This phenotype is already present in the EPPO region with few cases or limited spreading, but has potential for further spread.

Вид *Ralstonia pseudosolanacearum*

После разделения видового комплекса *R. solanacearum sensu lato* на отдельные филоциты в мире появилось большое количество публикаций по распространению *R. pseudosolanacearum* – филоцитов I и III в разных регионах мира. Болезнь поражает растения-хозяева в более теплом климате. Сообщалось, что видовой комплекс *R. solanacearum sensu lato* генетически разнообразен в большинстве субтропических и тропических районов, где были проведены широкие выборочные исследования растений-хозяев и исследования генетического разнообразия. В связи с этим было установлено наличие филоцитов *R. pseudosolanacearum* в различных странах. Например, в Африке филоциты I и III были идентифицированы в Камеруне и Кот-д'Ивуаре (Mahbou Somo Toukam et al., 2009; N'Guessan et al., 2012) и филоцит I – в Эфиопии (Lemessa and Zeller, 2007). В Азии филоцит I был зарегистрирован в Индии (Sagar et al., 2014), Японии (Horita et al., 2014; Horita et al., 2010) и Китае (Xu et al., 2009). Недавно было получено сообщение об обнаружении *R. pseudosolanacearum* (*R. solanacearum*, филоцит I), вызывающего необычную симптоматику и заболевание у *Rosa* spp. при выращивании тепличных роз в Нидерландах (Bergsma-Vlami et al., 2018; Tjou-Tam-Sin et al., 2018). Выявлялись заражения на растениях *Rosa* spp. – как на посадочном материале для размножения, так и срезанных цветах. Во всем мире это было первое сообщение о выделении и диагностике *R. pseudosolanacearum* на *Rosa* spp. В 2017 г. было получено 1-е сообщение о *Ralstonia solanacearum*, филоцит I, вызывающем бактериальное увядание на *Rosa* spp. в Южной Корее (Kim, Lim et al., 2019) (Шнейдер, Дренова, 2019).

Филогенетическое разнообразие видового комплекса *R. solanacearum* было в высокой степени однородным на острове Майотта (в Индийском океане), поскольку, по последним таксономическим исследованиям, в настоящее время там был идентифицирован только филоцит I. Филоцит I является наиболее распространенным филоцитом на других юго-западных островах Индийского океана, таких как Коморские острова, Маврикий, Реюньон, Родригес и Сейшельские острова, где он составляет 87% филогенетического разнообразия штамма и в основном выделен из пасленовых культур (Yahiaoui et al., 2016; Yahiaoui et al., 2017). Также этот филоцит имеет наибольшее распространение в Бразилии (Salcedo et al., 2017) и некоторых африканских странах, таких как Кот-д'Ивуар (N'Guessan et al., 2012), Демократическая Республика Конго, Уганда, Южно-Африканская Республика (Carstensen et al., 2017), Бенин (Sikirou et al., 2015). Более широкая распространенность штаммов I-31 может быть объяснена их более высокой вирулентностью. Штаммы I-31 обладают способностью заражать широкий спектр растений-хозяев. Филоцит I также был зарегистрирован в Мадагаскаре и восточноафриканских странах, граничащих с Индийским океаном, таких как Кения (Wicker et al., 2012). Филоцит I поражает широкий спектр сельскохозяйственных культур, которые включают как травянистые, так и древесные растения (Hayward, 1991), распространен по всему миру (Hayward, 1994) и, как сообщается, является высоко рекомбиногенным (Coupat et al., 2008). Филоцит I отличается своим широким разнообразием и включает 16 из 57 секвестов, известных в настоящее время.

Species *Ralstonia pseudosolanacearum*

After the division of the species complex *R. solanacearum sensu lato* into separate phylotypes, a large number of publications on the spreading of *R. pseudosolanacearum* – phylotypes I and III in different regions of the world. The disease affects host plants in warmer climates. It was reported that the species complex *R. solanacearum sensu lato* genetically is diverse in most subtropical and tropical regions, where extensive selective host plant studies and genetic diversity studies have been conducted. In this regard, the presence of *R. pseudosolanacearum* phylotypes was established in different countries. For example, in Africa, phylotypes I and III have been identified in Cameroon and Côte d'Ivoire (Mahbou Somo Toukam et al., 2009; N'Guessan et al., 2012) and phylotype I – in Ethiopia (Lemessa and Zeller, 2007). In Asia, phylotype I was registered in India (Sagar et al., 2014), Japan (Horita et al., 2014; Horita et al., 2010) and China (Xu et al., 2009). Recently, *R. pseudosolanacearum* (*R. solanacearum*, phylotype I) was recorded, causing unusual symptoms and disease of *Rosa* spp. when growing greenhouse roses in the Netherlands (Bergsma-Vlami et al., 2018; Tjou-Tam-Sin et al., 2018). Infections on *Rosa* spp. plants were detected – both on plants for planting, and cut flowers. Worldwide, this was the first record on isolation and diagnosis of *R. pseudosolanacearum* on *Rosa* spp. In 2017, *Ralstonia solanacearum*, phylotype I, was first recorded, causing bacterial wilting on *Rosa* spp. in South Korea (Kim, Lim et al., 2019) (Shneyder, Drenova, 2019).

Phylogenetic diversity of the species complex *R. solanacearum* was highly homogeneous on the island of Mayotte (Indian Ocean) because, according to the latest taxonomic studies, only phylotype I has been identified there so far. Phylotype I is the most common phylotype in other southwestern Indian Ocean islands such as the Comoros, Mauritius, Reunion, Rodriguez and the Seychelles, where it accounts for 87% of the phylogenetic diversity of the strain and is mainly isolated from Solanaceae crops (Yahiaoui et al., 2016; Yahiaoui et al., 2017). Also, this phylotype is most common in Brazil (Salcedo et al., 2017) and some African countries such as Côte d'Ivoire (N'Guessan et al., 2012), Democratic Republic of the Congo, Uganda, South Africa (Carstensen et al., 2017), Benin (Sikirou et al., 2015). The wider prevalence of I-31 strains can be explained by their higher virulence. Strains I-31 have the ability to infect a wide variety of host plants. Phylotype I has also been reported in Madagascar and East African countries bordering the Indian Ocean such as Kenya (Wicker et al., 2012). Phylotype I affects a wide range of crops, which include both herbaceous and woody plants (Hayward, 1991), is spread throughout the world (Hayward, 1994) and is reported to be highly recombinogenic (Coupat et al., 2008). Phylotype I is distinguished by its wide variety and includes 16 out of 57 sequestrants currently known.

Species *Ralstonia syzygii*

Subspecies *Ralstonia syzygii* subsp. *syzygii* strains are described only in Indonesia on the clove tree.

Subspecies *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* strains are present in Indonesia (Cahyaniati et al., 1997), on the island of New Guinea (Davis et al., 2001) and

Вид *Ralstonia syzygii*

Штаммы подвида *Ralstonia syzygii* subsp. *syzygii* описаны только в Индонезии на гвоздичном дереве.

Штаммы подвида *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* встречаются в Индонезии (Cahyaniati et al., 1997), на острове Новая Гвинея (Davis et al., 2001) и недавно были обнаружены в Малайзии (Kogeethavani et al., 2014; Teng et al., 2016).

Штаммы подвида *R. syzygii* subsp. *indonesiensis* вызывают бактериальное увядание ряда растений-хозяев семейства пасленовых и были зарегистрированы в Индонезии, Австралии (Arwiyanto et al., 2015), Японии (Horita et al., 2010; Suga et al., 2013), Южной Корее (Jeong et al., 2007), Индии (Gurjar et al., 2015) и Филиппинах (Villa et al., 2005).

В связи с этим проводится совершенствование методов выявления и идентификации видов *Ralstonia solanacearum sensu lato*.

Известные растения – хозяева *Ralstonia solanacearum sensu lato*

Большинство экономически значимых растений, поражаемых видами *Ralstonia solanacearum sensu lato*, относится к семейству пасленовых.

В странах ЕОКЗР основными растениями-хозяевами являются картофель и томаты. Кроме того, бактерии могут заражать свыше 200 видов растений, преимущественно тропических и субтропических культур.

Вид *R. solanacearum* (филотип II) (возбудитель бурой гнили картофеля) поражает ограниченный круг растений-хозяев, который включает картофель (*Solanum tuberosum*) (рис. 2, 3), томаты (*Solanum lycopersicum*) (рис. 4), баклажаны (*Solanum melongena*) (рис. 5), декоративные растения рода Пеларгонииум (*Pelargonium*) (рис. 6) (Janse et al., 2004), Табак (*Nicotiana*). Сорняки, относящиеся к семейству пасленовых, – в частности, паслен сладко-горький (*Solanum dulcamara*) и крапива двудомная (*Urtica dioica*) (Wenneker et al., 1999) – являются растениями-резервуарами, способствующими переносу *R. solanacearum* на другие растения-хозяева (Шнейдер, 2018).

Штаммы этого филотипа преобладают в зонах возделывания картофеля, могут длительное время сохраняться в растительных остатках, находиться в клубнях картофеля в латентном состоянии. При монокультуре картофеля этот филотип доминирует.

Данный возбудитель является наиболее опасным патогеном для Российской Федерации. Он может быть завезен с импортным картофелем из стран его распространения и способен акклиматизироваться в умеренном климате.

have been recently found in Malaysia (Kogeethavani et al., 2014; Teng et al., 2016).

Subspecies *R. syzygii* subsp. *indonesiensis* strains cause bacterial wilting of some host plants of the Solanaceae family and have been recorded in Indonesia, Australia (Arwiyanto et al., 2015), Japan (Horita et al., 2010; Suga et al., 2013), South Korea (Jeong et al., 2007), India (Gurjar et al., 2015) and the Philippines (Villa et al., 2005).

In this regard, the methods of detection and identification of *Ralstonia solanacearum sensu lato* species are being improved.

Known host plants

of *Ralstonia solanacearum sensu lato*

Most economically important plants affected by *Ralstonia solanacearum sensu lato* species belong to Solanaceae family.

In EPPO countries, the main host plants are potatoes and tomatoes. In addition, bacteria can infect over 200 plant species, mainly tropical and subtropical crops.

Species *R. solanacearum* (phylotype II) (brown potato rot agent) affects a limited range of host plants, which includes potatoes (*Solanum tuberosum*) (Fig. 2, 3), tomatoes (*Solanum lycopersicum*) (Fig. 4),



Рис. 2. Симптомы увядания на растении картофеля (фото: Служба защиты растений, Вагенинген (Нидерланды))

Fig. 2. Wilt symptoms on a potato plant. Courtesy: Plant Protection Service, Wageningen (NL)

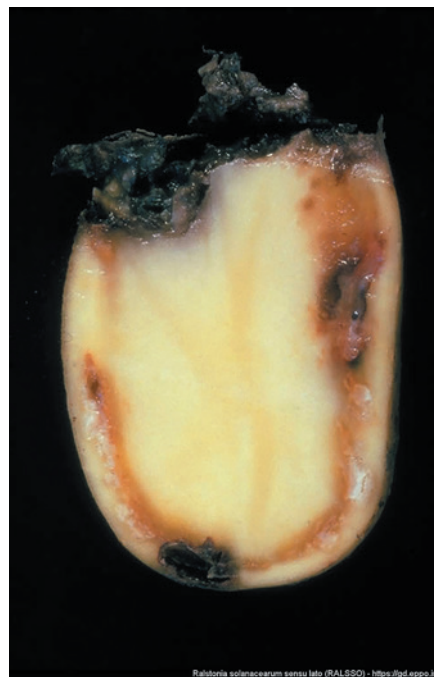


Рис. 3. Типичное сосудистое кольцо коричневого цвета и слизь, сочащаяся из инфицированной ткани на срезе клубня картофеля. Черная некротическая ткань возникает из-за вторичной гнили (фото: Служба защиты растений, Вагенинген (Нидерланды))

Fig. 3. Typical brown discoloration of the vascular ring and slime oozing from the infected tissue. Black necrotic tissue is due to secondary rot. Courtesy: Plant Protection Service, Wageningen (NL)

Вид *R. pseudosolanacearum* (филотипы I и III) также имеет широкий круг растений-хозяев, и список подтвержденных хозяев продолжает расти (Genin and Denny, 2012; Lopes and Rossato, 2018), например, голубика (*Vaccinium corymbosum*), шелковица (*Morus alba*) (Norman et al., 2009). Таким образом, диапазон растений-хозяев еще полностью не известен. Ареалы хозяев видов *Ralstonia* spp. в пределах видового комплекса значительные и часто перекрываются, но не полностью (Champoiseau et al., 2009; Wicker et al., 2012). Основные культивируемые растения-хозяева, поражаемые *R. pseudosolanacearum*, относятся также к семейству пасленовых – это картофель (*S. tuberosum*) и томат (*S. lycopersicum*) (<https://www.cabi.org/cpc>), иногда баклажан (*S. melongena*), перец (*Capsicum annuum*), перец кустарниковый, или перец чили (*C. frutescens*), табак (*Nicotiana tabacum*). Другими культивируемыми хозяевами являются арахис культурный (*Arachis hypogaea*), растения рода Банан (*Musa* spp.), имбирь (*Zingiber officinale*), хлопчатник (*Gossypium hirsutum*), а также тыквенные – огурец обыкновенный (*Cucumis sativus*), тыква обыкновенная (*Cucurbita pepo*) (Шнейдер, Дренова, 2019).

Декоративные растения, например Антуриум (*Anthurium* spp.), Пеларгония (*Pelargonium* spp.) (рис. 6), импортируемая в Россию культура Роза (*Rosa* spp.) (рис. 7, 8) (Bergsma-Vlami et al., 2018; Tjou-Tam-Sin et al., 2018), некоторые виды деревьев (например, рода Эвкалипт (*Eucalyptus* spp.), олива европейская (*Olea europaea*) (Poussier et al., 2000; Tebaldi & Arblaster, 2014; Xu et al., 2009) и тиковое дерево

eggplants (*Solanum melongena*) (Fig. 5), ornamental plants of the genus *Pelargonium* (*Pelargonium*) (Fig. 6) (Janse et al., 2004), tobacco (*Nicotiana*). Weeds belonging to the nightshade family – in particular, bittersweet nightshade (*Solanum dulcamara*) and stinging nettle (*Urtica dioica*) (Wenneker et al., 1999) – are reserve plants that contribute to transferring *R. solanacearum* on other host plants (Shneyder, 2018).

Strains of this phylotype prevail in the zones of potato cultivation, can persist for a long time in plant residues, and be in a latent state in potato tubers. In potato monoculture, this phylotype dominates.

This pathogen is the most dangerous pathogen for the Russian Federation. It can be brought with imported potatoes from the countries of its spreading and is able to adapt in a temperate climate.

R. pseudosolanacearum (phylotypes I and III) also has a wide variety of host plants and the list of confirmed hosts continues to grow (Genin and Denny, 2012; Lopes and Rossato, 2018), for example, blueberry (*Vaccinium corymbosum*), mulberry (*Morus alba*) (Norman et al., 2009). Thus, the range of host plants is not yet fully known. Host areas of *Ralstonia* spp. within the species complex are significant and often overlap, but not completely (Champoiseau et al., 2009; Wicker et al., 2012). Main cultivated host plants affected by *R. pseudosolanacearum*, also belong to Solanaceae family – these are potatoes (*S. tuberosum*) and tomatoes (*S. lycopersicum*) (<https://www.cabi.org/cpc>), sometimes eggplants (*S. melongena*), pepper (*Capsicum annuum*), paprika, or paprika chili (*C. frutescens*), tobacco (*Nicotiana tabacum*). Other cultivated hosts are cultivated peanuts (*Arachis*



Рис. 4. Увядший томат в теплице (фото: Жиль Селье)

Fig. 4. Wilted tomato in greenhouse. Courtesy: Gilles Cellier



Рис. 5. Увядший баклажан (фото: Жиль Селье)

Fig. 5. Wilted eggplant. Courtesy: Gilles Cellier



Рис. 6. Герань розовая, пораженная бактериальным увяданием, в теплице (фото: Жиль Селье)

Fig. 6. Geranium rosat affected by bacterial wilt in greenhouse. Courtesy: Gilles Cellier

(*Tectona grandis*)), также являются растениями – хозяевами *R. pseudosolanacearum* (Norman et al., 1999). Заражаемыми растениями также оказываются ипомея батат, или сладкий картофель (*Ipomoea batatas*), кофе арабский (кофе арабийский, или арабийское кофейное дерево) (*Coffea arabica*), нут бараний, или турецкий горох (*Cicer arietinum*). Кроме того, бактериозом могут поражаться бессимптомно различные сорняки, например род Марь (*Chenopodium* spp.), галинзога мелкоцветковая (*Galinsoga parviflora*) и крапива двудомная (*Urtica dioica*).

В отношении **возбудителей вида *Ralstonia syzygii*** (филотип IV), которые в основном были получены из Индонезии, Австралии, Японии, Южной Кореи и Малайзии, недавно произошли таксономические и номенклатурные изменения (Шнейдер, Дренова, 2019а). Этот вид содержит 3 подвида: *Ralstonia syzygii* subsp. *syzygii* – патоген, вызывающий болезнь Суматры у гвоздичных деревьев в Индонезии; *Ralstonia syzygii* subsp. *indonesiensis* – возбудитель бактериальной болезни увядания у широкого круга растений-хозяев; *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* – возбудитель «кровавой» болезни бананов на *Musa* spp. В Индонезии эти 3 подвида вызвали опустошительные вспышки болезни восприимчивых растений-хозяев, имеющих высокую экономическую ценность.

Данный вид поражает следующие растения:

- подвид *R. syzygii* subsp. *syzygii* – гвоздичное дерево (*Syzygium aromaticum*) (семейство Мыртaceae);
- подвид *R. syzygii* subsp. *celebesensis* – растения рода Банан (*Musa* spp.), Геликония (*Heliconia* sp.), стрелитция королевская (*Strelitzia reginae*), оба – родственники Musaceae, а также канна индийская (*Canna indica*), дурман обыкновенный (*Datura stramonium*), ваточник кюрасавский (*Asclepias curassavica*), паслен черный (*Solanum nigrum*);
- подвид *R. syzygii* subsp. *indonesiensis* – в основном культуры, относящиеся к семейству Solanaceae: картофель (*Solanum tuberosum*), томат (*S. lycopersicum*) (Maulana, Sayaka, 2007), баклажан (*S. melongena*), перец стручковый (*Capsicum annuum*) (рис. 9),

hypogaea), plants of the genus Banana (*Musa* spp.), ginger (*Zingiber officinale*), cotton (*Gossypium hirsutum*), as well as Cucurbitaceae – common cucumber (*Cucumis sativus*), common pumpkin (*Cucurbita pepo*) (Shneyder, Drenova, 2019).

Ornamental plants such as Anthurium (*Anthurium* spp.), Pelargonium (*Pelargonium* spp.) (Fig. 6), imported to Russia culture Rose (*Rosa* spp.) (Fig. 7, 8) (Bergsma-Vlami et al., 2018; Tjou-Tam-Sin et al., 2018), some trees (for example, the genus Eucalyptus (*Eucalyptus* spp.), European olive (*Olea europaea*) (Poussier et al., 2000; Tebaldi & Arblaster, 2014; Xu et al., 2009) and teak (*Tectona grandis*)), are also host plants of *R. pseudosolanacearum* (Norman et al., 1999). Infected plants are also sweet potato (*Ipomoea batatas*), Arabic coffee (*Coffea arabica*),

chickpeas (*Cicer arietinum*). Besides, bacteriosis can affect some weeds without symptoms, for example, *Chenopodium* spp., *Galinsoga parviflora* and *Urtica dioica*.

As for the **agents of the species *Ralstonia syzygii*** (phyloptype IV), which were mainly obtained from Indonesia, Australia, Japan, South Korea and Malaysia, taxonomic and nomenclature changes have recently occurred (Shneyder, Drenova, 2019a). This species contains 3 subspecies: *Ralstonia syzygii* subsp. *syzygii* – pathogen causing Sumatra disease in clove trees in Indonesia; *Ralstonia syzygii* subsp. *indonesiensis* – causative agent of bacterial wilt disease in a wide range of host plants; *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* – the causative agent of “blood” disease of bananas on *Musa* spp. In Indonesia, these 3 subspecies have caused devastating disease outbreaks in susceptible hosts of high economic value.

This species affects the following plants:

- subspecies *R. syzygii* subsp. *syzygii* – clove tree (*Syzygium aromaticum*) (family Myrtaceae);
- subspecies *R. syzygii* subsp. *celebesensis* – *Musa* spp., *Heliconia* sp., *Strelitzia reginae*, both – relatives of Musaceae, as well as *Canna indica*, *Datura stramonium*, *Asclepias curassavica*, *Solanum nigrum*;
- subspecies *R. syzygii* subsp. *indonesiensis* – mainly crops belonging to the family Solanaceae: potato (*Solanum tuberosum*), tomato (*S. lycopersicum*) (Maulana, Sayaka, 2007), eggplant (*S. melongena*), pepper (*Capsicum annuum*) (Fig. 9), tobacco (*Nicotiana tabacum*), peanuts (*Arachis hypogaea*) (family Fabaceae), and ginger (*Zingiber officinale*) (family Zingiberaceae), castor oil plant (*Ricinus communis*), clove tree (*Syzygium aromaticum*) (family Myrtaceae).

Subspecies *R. syzygii* subsp. *syzygii*

The only host plant affected by this subspecies *Ralstonia syzygii* – clove tree *Syzygium aromaticum* (Myrtaceae family) (Lomer et al., 1992), which is not grown on

табак (*Nicotiana tabacum*), арахис культурный (*Arachis hypogaea*) (семейство Fabaceae), а также имбирь (*Zingiber officinale*) (семейство Имбирные – Zingiberaceae), клещевина (*Ricinus communis*), гвоздичное дерево (*Syzygium aromaticum*) (семейство Myrtaceae).

Подвид *R. syzygii* subsp. *syzygii*

Единственное растение-хозяин, которое поражается данным подвидом *Ralstonia syzygii*, – гвоздичное дерево *Syzygium aromaticum* (семейство миртовых) (Lomer et al., 1992), которое не выращивается на территории Российской Федерации. Родиной гвоздичного дерева является Индонезия (Молуккские острова). Постепенно гвоздика распространилась в другие страны тропического пояса Азии, а затем проникла на острова Восточной Африки (Реюньон и Маврикий). Главные производители гвоздики – Индонезия, Танзания, Мадагаскар, Шри-Ланка. В последние годы отмечен значительный рост производства гвоздики в Бразилии. В небольшом количестве ее производят в Малайзии, на Ямайке и в некоторых странах Западной Африки.

Подвид *R. syzygii* subsp. *celebesensis*

Бананы (*Musa spp.*) являются самой важной в мире фруктовой культурой с точки зрения объема производства и торговли (Fegan, Prior, 2006). Несмотря на то, что они являются основным продуктом питания в Африке, Азии и Латинской Америке, только 13% производимых бананов продаются на международном рынке, что указывает на важность фруктов для внутренних рынков и продовольственной безопасности данных регионов. Однако растения банана в качестве посадочного материала не имеют практического значения в Российской Федерации в связи с неподходящими климатическими условиями для его выращивания. В нашей стране насчитывается только несколько сотен растений в ботанических садах и оранжереях.

Плодовая продукция бананов импортируется в Россию в больших количествах, поэтому очень важен контроль и надзор за качеством завозимой продукции бананов, в частности свободных от карантинных организмов.

Бактериальным болезням бананов и абиссинских бананов (энсет) до недавнего времени не уделялось равного внимания по сравнению с другими серьезными угрозами для производства бананов. Тем не менее бактерии оказывают значительное воздействие на бананы во всем мире, и методы управления не всегда хорошо известны или приняты фермерами.

Бактериальные болезни, вызывающие увядание растений бананов и энсет и связанные с *Ralstonia* (болезнь Моко/Бугтока, вызванная *Ralstonia solanacearum*, и банановая «кровавая» болезнь, вызванная *R. syzygii* subsp. *celebesensis*), могут приносить значительный ущерб данной культуре (Gäumann, 1921; Mairawita et al., 2012).

Подвид *R. syzygii* subsp. *indonesiensis*

Штаммы филопита IV подвида *R. syzygii* subsp. *indonesiensis* в первую очередь распространены в Индонезии, Индии, Японии и Австралии (Hayward, 1994). Их важность в настоящее время увеличивается в связи с возможностью поражения большого количества экономически ценных растений-хозяев, в частности для Российской Федерации, которые включают следующие виды: картофель (*Solanum tuberosum*), томат (*S. lycopersicum*), баклажан (*S. melon-*



Рис. 7. Стебель розы с некротическим увяданием молодых листьев и начальным пожелтением листьев (справа внизу) (фото: Н. Тжу-Там-Син (Леон); НОКЗР – Нидерланды, Национальный справочный центр)

Fig. 7. Rosa flower stalk with necrotic wilt in younger leaves and starting leaf yellowing (towards bottom right). Courtesy: N. Tjou-Tam-Sin (Leon); NPPO-NL, National Reference Center

the territory of the Russian Federation. The homeland of the clove tree is Indonesia (Maluku Islands). Clove gradually spread to other countries in the tropical zone of Asia, and then the islands of East Africa (Reunion and Mauritius). The main producers of cloves are Indonesia, Tanzania, Madagascar, Sri Lanka. In recent years, there has been a significant increase in the production of cloves in Brazil. It is produced in small quantities in Malaysia, Jamaica and some West African countries.

Subspecies *R. syzygii* subsp. *celebesensis*

Bananas (*Musa spp.*) are the most important fruit crop in the world in terms of production and trade (Fegan, Prior, 2006). Although they are the main food in Africa, Asia and Latin America, only 13% of bananas produced are sold internationally, indicating the importance of fruit for domestic markets and food

gena), растения рода Банан (*Musa* spp.) и ряд декоративных растений.

Картофель *Solanum tuberosum* выращивается в ряде стран – Китае, Индии, Иране, Бангладеш, Турции, Японии, Пакистане, Казахстане, Непале, КНДР, Кыргызстане, Австралии, Азербайджане, Индонезии. В регион Азии и Океании входит мировой картофельный гигант – Китай, на долю которого приходится более 20% не только площади мировых картофельных полей, но и глобального урожая картофеля. Еще несколько стран Азии – Бангладеш, Индия, Иран, Япония и Турция – также входят в число 20 ведущих стран – производителей картофеля во всем мире.

В настоящее время Индонезия является крупнейшим производителем картофеля в Юго-Восточной Азии. Мировые рекорды урожайности картофеля установлены в Новой Зеландии. Там в среднем собирается около 50 тонн картофеля с гектара. Томат *Solanum lycopersicum* – культура, широко распространенная в мире. Родина томатов – Южная Америка, где до сих пор встречаются дикие и полукультурные формы томата. Крупнейшим производителем томатов в мире является Китай. Он производит более 30% всех томатов в мире (56,3 из 177 млн тонн) и опережает Индию, 2-го по величине производителя в мире, почти в 3 раза.

Перец стручковый *Capsicum annuum* выращивается в Америке, в тропических районах которой он встречается в диком виде. Разводится в южных умеренных, в субтропических и тропических широтах всех континентов, в том числе в странах Азии, в Австралии, Новой Зеландии и других южных странах.

Основные районы культурного возделывания табака (*Nicotiana tabacum*) – Северная Америка, Китай, Индия, Малайзия, Предкавказье, Закавказье, Средняя Азия, Приднестровье, Крым.

Имбирь (*Zingiber officinale*) происходит из стран Южной Азии. На данный момент выращивается в Китае, Индии, Индонезии, Австралии, Западной Африке, на Ямайке, Барбадосе.

security in these regions. However, banana plants as planting material have no practical value in the Russian Federation due to the unsuitable climatic conditions for its cultivation. In our country, there are only a few hundred plants in botanical gardens and greenhouses.

Fruit products of bananas are imported to Russia in large quantities; therefore, it is very important to control and monitor the quality of imported banana products, in particular those free from quarantine pests.

Bacterial diseases of bananas and Abyssinian bananas (enset) have not until recently received equal attention compared to other serious threats to banana production. However, the bacteria have a significant impact on bananas around the world, and management practices are not always well known or accepted by farmers.

Bacterial diseases causing wilting of banana and enset plants and associated with *Ralstonia* (Moco/Bugtok disease caused by *Ralstonia solanacearum*, and banana “blood” disease caused by *R. syzygii* subsp. *celebesensis*), can cause significant damage to a given crop (Gäumann, 1921; Mairawita et al., 2012).

Subspecies *R. syzygii* subsp. *indonesiensis*

Strains of phylotype IV subspecies *R. syzygii* subsp. *indonesiensis* are primarily found in Indonesia, India, Japan and Australia (Hayward, 1994). Their importance is currently increasing due to the possibility of affecting a large number of economically valuable host plants, in particular for the Russian Federation, which include the following species: potatoes (*Solanum tuberosum*), tomatoes (*S. lycopersicum*), eggplants (*S. melongena*), bananas (*Musa* spp.) and some ornamental plants.

Potato *Solanum tuberosum* is grown in some countries – China, India, Iran, Bangladesh, Turkey, Japan, Pakistan, Kazakhstan, Nepal, DPRK, Kyrgyzstan, Australia, Azerbaijan, Indonesia. The Asia and Oceania region includes the world potato giant – China, which accounts for more than 20% of not only the area of the world's potato fields, but also the global potato crop. Several more Asian countries – Bangladesh, India, Iran, Japan and Turkey – are also among the top 20 potato producing countries worldwide.

Indonesia is currently the largest potato producer in South-east Asia. World records for potato yields have been set in New Zealand. There, on average, about 50 tons of potatoes are harvested per hectare. Tomato *Solanum lycopersicum* is a culture widespread in the world. The homeland of tomatoes is South America, where wild and semi-cultivated forms of tomato are still found. China is the largest tomato producer in the world. It produces more than 30% of all tomatoes in the world (56.3 out of 177 million tons) and is ahead of India, the 2nd largest producer in the world, by almost 3 times.



Рис. 8. *Rosa* sp. (чайная роза). Увядание с черным некрозом срезанных ветвей и выделение слизи на срезанном стебле (фото: Н. Тжу-Там-Син (Леон); НОКЗР – Нидерланды, Национальный справочный центр)

Fig. 8. *Rosa* sp. (tea rose). Dieback with black necrosis of pruned branches and discharge of slime on cut wounds in the stem. Courtesy: N. Tjou-Tam-Sin (Leon); NPPO-NL, National Reference Center

Таким образом, при современном уровне торговли есть опасность завоза новых видов *Ralstonia solanacearum sensu lato* в Российскую Федерацию.

Три вида *Ralstonia solanacearum sensu lato* были рассмотрены в диагностическом протоколе в соответствии с таксономией фило-типа/секвенара (Стандарт ЕОКЗР, EPPO PM 7/21 (2), 2018). Протокол ясно разделяет штаммы фило-типов I и III и другие эпидемиологически различные штаммы фило-типа II (вызывающие бурую гниль картофеля или бактериальное увядание банана).

Показатели потенциального ущерба всех трех видов бактерий *Ralstonia solanacearum sensu lato* отвечают критериям карантинных для Российской Федерации организмов. Биоэкологические факторы благоприятствуют акклиматизации вредных организмов во многих регионах России, и при завозе зараженной растительной продукции возбудители бактериозов способны наносить в них значительный экономический ущерб.

При импорте продовольственного картофеля периодически наблюдается выявление возбудителя бурой гнили картофеля в партиях, поступающих из различных стран, что подтверждалось проведением бактериологических исследований (см. таблицу).

По результатам проведенных исследований обнаруженный возбудитель *Ralstonia solanacearum* относился к расе 1, что на сегодняшний день соответствует штаммам фило-типа I, упоминающимся как штаммы азиатского происхождения.

Таким образом, периодически отмечается выявление возбудителя *Ralstonia solanacearum* в партиях продовольственного картофеля, завозимого на территорию России. По данным карантинной службы, очаги возбудителя бурой гнили картофеля на территории Российской Федерации отсутствуют.

Основные методы диагностики

Для обнаружения заболеваний при ввозе продукции в Россию и в полевых условиях в течение

Pepper *Capsicum annuum* is grown in America, in the tropical regions of which it is found wild. It is bred in the southern temperate, subtropical and tropical latitudes of all continents, including Asia, Australia, New Zealand and other southern countries.

Main areas of tobacco cultivation (*Nicotiana tabacum*) are North America, China, India, Malaysia, Ciscaucasia, Transcaucasia, Central Asia, Transnistria, Crimea.

Ginger (*Zingiber officinale*) comes from the countries of South Asia. Currently grown in China, India, Indonesia, Australia, West Africa, Jamaica, Barbados.

Thus, at the current level of trade, there is a danger of the introduction of new species *Ralstonia solanacearum sensu lato* into the Russian Federation.

Three species of *Ralstonia solanacearum sensu lato* were considered in the diagnostic protocol in accordance with the phylotype/sequential taxonomy (EPPO Standard, EPPO PM 7/21 (2), 2018). The protocol clearly distinguishes between strains of phylotypes I and III and other epidemiologically different strains of phylotype II (causing brown rot of potatoes or bacterial wilting of banana).

Indicators of potential damage by all three types of bacteria *Ralstonia solanacearum sensu lato* meet the criteria for organisms quarantine for the Russian Federation. Bioecological factors favor the adaptation of pests in many regions of Russia, and when contaminated plant products are imported, bacteriosis pathogens can cause significant economic damage in them.

When importing ware potatoes, the pathogen of potato brown rot is periodically observed in consignments coming from different countries, which was confirmed by bacteriological studies (see Table).

According to the results of the studies, the detected pathogen *Ralstonia solanacearum* belonged to race 1, which today corresponds to strains of phylotype I, referred to as strains of Asian origin.

Thus, the identification of the pathogen *Ralstonia solanacearum* is periodically reported in lots of ware potatoes imported to the territory of Russia. According to the quarantine service, there are no foci of the causative agent of potato brown rot on the territory of the Russian Federation.

Basic diagnostic methods

To detect diseases when importing products to Russia and in the field during the growing season, visual examinations are carried out to detect pathogens of bacterial diseases. However, the symptoms of bacteriosis may be similar to those of other infections. Currently, when carrying out diagnostics of *Ralstonia solanacearum* methodological recommendations and standards are used, developed by specialists of the FGBU "VNIKR" on the basis



Рис. 9. Типичные симптомы бактериального увядания перца чили и заболеваемость на полевых культурах в Сонбадхре (Уттар-Прадеш), Индия (фото: д-р Атма Нанд Трипати)

Fig. 9. Typical symptoms of bacterial wilt on chilli and incidence on field crop at Sonabhadra (Uttar Pradesh), India. Courtesy: Dr Atma Nand Tripathi

Таблица

Общее количество случаев выявления Россельхознадзором бурой гнили картофеля при лабораторных исследованиях образцов импортного продовольственного картофеля (2007–2017 гг.)

№ п/п	Страна-экспортер	Карантинный вид	Кол-во обнаружений
1	Азербайджан	Бурая гниль картофеля <i>Ralstonia solanacearum</i> (Smith) Yabuuchi et al.	1
2	Египет	Бурая гниль картофеля <i>Ralstonia solanacearum</i> (Smith) Yabuuchi et al.	66
3	Иран	Бурая гниль картофеля <i>Ralstonia solanacearum</i> (Smith) Yabuuchi et al.	2
4	Казахстан	Бурая гниль картофеля <i>Ralstonia solanacearum</i> (Smith) Yabuuchi et al.	1
5	Китай	Бурая гниль картофеля <i>Ralstonia solanacearum</i> (Smith) Yabuuchi et al.	33
Итого			103

Источник: (Яковлева, 2018).

вегетационного периода проводят визуальные обследования для обнаружения возбудителей бактериальных болезней. Однако симптомы проявления бактериозов могут быть сходны с симптомами других инфекций. В настоящее время при проведении диагностики *Ralstonia solanacearum* используют методические рекомендации и стандарты, разработанные специалистами ФГБУ «ВНИИКР» на основе 1-й редакции диагностического протокола ЕОКЗР РМ 7/21 (1). Используемые современные методы, такие как иммунофлуоресцентный метод (ИФ), метод полимеразной цепной реакции (ПЦР, FLASH), биохимические тесты, выделение бактерий из исследуемых образцов в чистую культуру и подтверждение соответствия их *Ralstonia solanacearum*, а также другие подробно представлены в Стандарте организации СТО ВНИИКР 4.009-2011 «Возбудитель бурой бактериальной гнили картофеля *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. Методы выявления и идентификации» (Шероколава, Дренова, 2011), подготовленном на основе диагностического протокола ЕОКЗР. В соответствии с этим Стандартом в ФГБУ «ВНИИКР» проводится лабораторная диагностика, соответствующая схеме проведения экспертизы ведущих европейских лабораторий и отвечающая международным требованиям.

После пересмотра 1-й редакции Стандарта ЕОКЗР РМ 7/21 (1), в 2018 г. был подготовлен новый диагностический протокол РМ 7/21 (2) «*Ralstonia solanacearum*, *R. pseudosolanacearum* and *R. syzygii* (*Ralstonia solanacearum* species complex)» (Стандарт ЕОКЗР, ЕРРО РМ 7/21 (2), 2018) для проведения

of the 1st edition of the EPPO diagnostic protocol РМ 7/21 (1). Modern methods used, such as immunofluorescence method (IF), polymerase chain reaction (PCR, FLASH), biochemical tests, isolation of bacteria from test samples into a pure culture and confirmation of their matching *Ralstonia solanacearum*, as well as others are presented in detail in the Organization Standard СТО ВНИИКР 4.009-2011 “The causative agent of brown bacterial potato rot *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. Detection and identification methods” (Sherokolava, Drenova, 2011), prepared on the basis of the EPPO diagnostic protocol. In accordance with this Standard, the FGBU “VNIICR” carries out laboratory diagnostics, which corresponds to the examination scheme of leading European laboratories and meets international requirements.

international requirements.

Following the revision of the 1st edition of EPPO Standard РМ 7/21 (1), a new diagnostic protocol was prepared in 2018 РМ 7/21 (2) “*Ralstonia solanacearum*, *R. pseudosolanacearum* and *R. syzygii* (*Ralstonia solanacearum* species complex)” (EPPO Standard, EPPO РМ 7/21 (2), 2018) for diagnostics of strains of three species of *Ralstonia solanacearum sensu lato*. Sample handling, laboratory analysis and *Ralstonia* species identification, isolated from samples are described in the Standard prepared in 2018.

The specified protocol clearly distinguishes strains of different phylotypes and is proposed as a document for carrying out a diagnostic procedure in plants with symptoms, as well as asymptomatic and in water samples.

Table

The total number of cases of detection of brown rot of potatoes by the Rosselkhoznadzor during laboratory tests of samples of imported ware potatoes (2007–2017)

№	Exporting country	Quarantine species	Number of records
1	Azerbaijan	<i>Ralstonia solanacearum</i> (Smith) Yabuuchi et al.	1
2	Egypt	<i>Ralstonia solanacearum</i> (Smith) Yabuuchi et al.	66
3	Iran	<i>Ralstonia solanacearum</i> (Smith) Yabuuchi et al.	2
4	Kazakhstan	<i>Ralstonia solanacearum</i> (Smith) Yabuuchi et al.	1
5	China	<i>Ralstonia solanacearum</i> (Smith) Yabuuchi et al.	33
Total			103

Source: (Yakovleva, 2018).

диагностики штаммов трех видов возбудителей *Ralstonia solanacearum sensu lato*. Работа с образцами, их лабораторный анализ и идентификация видов *Ralstonia*, выделяемых из образцов, описаны в Стандарте, подготовленном в 2018 г.

Указанный протокол четко разделяет штаммы различных филоотипов и предложен в качестве документа для проведения процедуры диагностики в растениях как с симптомами, так и бессимптомных и в пробах воды.

Для получения результатов анализа проводится предварительная подготовка отобранных образцов различных растений-хозяев с симптомами и без них. Диагностика основана на ряде следующих тестов: экспресс-тесты для предположительной диагностики, выделение возбудителя на питательных средах, проведение иммунофлуоресцентного теста (ИФ), а также молекулярных тестов – теста LAMP, метода классической ПЦР и ПЦР в реальном времени и других, разработанных для обнаружения и идентификации различных филоотипов бактерий. Кроме того, описано проведение теста на патогенность выделенного патогена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ФГБУ «ВНИИКР» проводится работа по использованию описанных в Стандарте ЕОКЗР РМ 7/21 (2) методов диагностики и по совершенствованию применяемых в настоящее время методов идентификации видов *Ralstonia solanacearum sensu lato* в карантинной лабораторной экспертизе.

Благодарность. Авторы выражают благодарность руководству ЕОКЗР за любезное разрешение использовать фотоматериалы сайта [gd.eppo.int \(https://gd.eppo.int/taxon/RALSSO/photos\)](https://gd.eppo.int/taxon/RALSSO/photos).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза (ЕПКО ЕАЭС), утвержденный Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 30 ноября 2016 г.
2. Стандарт ЕОКЗР, EPPO РМ 7/21 (2) «*Ralstonia solanacearum*, *R. pseudosolanacearum* and *R. syzygii* (*Ralstonia solanacearum* species complex)». 2018. – Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, № 48 (1): 32–63.
3. Шероколава Н., Дренова Н. Стандарт организации СТО ВНИИКР 4.009-2011 «Возбудитель бурой бактериальной гнили картофеля *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. Методы выявления и идентификации». 2011.
4. Шнейдер Е. Анализ фитосанитарного риска возбудителя бурой гнили картофеля *Ralstonia solanacearum* для территории Российской Федерации. Заключительный отчет. – М.: ФГБУ «ВНИИКР», 2018, 60 с.
5. Шнейдер Е., Дренова Н. Анализ фитосанитарного риска возбудителя *Ralstonia pseudosolanacearum* для территории Российской Федерации. Заключительный отчет. – М.: ФГБУ «ВНИИКР», 2019, 75 с.
6. Шнейдер Е., Дренова Н. Анализ фитосанитарного риска возбудителя *Ralstonia syzygii* для территории Российской Федерации. Заключительный отчет. – М.: ФГБУ «ВНИИКР», 2019а, 78 с.
7. Яковлева В. Оценка управления фитосанитарными рисками, связанными с импортированием, экспортированием и перемещением

To obtain the results of the analysis, preliminary preparation of selected samples of various host plants with and without symptoms is carried out. Diagnostics is based on some of the following tests: rapid tests for presumptive diagnostics, isolation of the pathogen on nutrient media, conducting an immunofluorescence test (IF), as well as molecular tests – the LAMP test, the method of classical PCR and real-time PCR and others, designed to detect and identification of different phylotypes of bacteria. In addition, a test for the pathogenicity of the isolated pathogen is described.

CONCLUSION

FGBU “VNIICR” conducts work on using diagnosis methods described in the EPPO Standard РМ 7/21 (2) and improving currently used identification methods for the species of *Ralstonia solanacearum sensu lato* in quarantine laboratory examination.

Acknowledgement. The authors would like to thank the EPPO management for their kind permission to use the photographs from the website [gd.eppo.int \(https://gd.eppo.int/taxon/RALSSO/photos\)](https://gd.eppo.int/taxon/RALSSO/photos).

REFERENCES

1. Common List of Quarantine Objects of the Eurasian Economic Union approved by the Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission of November 30, 2016.
2. EPPO РМ 7/21 (2) “*Ralstonia solanacearum*, *R. pseudosolanacearum* and *R. syzygii* (*Ralstonia solanacearum* species complex)”. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 2018; 48 (1): 32–63.
3. Sherokolava N., Drenova N. Organization standard STO VNIICR 4.009-2011 “Agent of brown potato rot *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. Detection and Identification Methods”. 2011 (in Russian).
4. Shneyder E. Pest risk analysis of the agent of potato brown rot *Ralstonia solanacearum* for the Russian Federation. Final report. M. FGBU “VNIICR”, 2018; 60 pp. (in Russian).
5. Shneyder E., Drenova N. Pest risk analysis of *Ralstonia pseudosolanacearum* for the Russian Federation. Final report. M. FGBU “VNIICR”, 2019; 75 pp. (in Russian).
6. Shneyder E., Drenova N. Pest risk analysis of *Ralstonia syzygii* for the Russian Federation. Final report. M. FGBU “VNIICR”, 2019a, 78 pp. (in Russian)
7. Yakovleva V. Assessment of pest risk management associated with the import, export and movement of ware potatoes (final report). M., 2018 (in Russian).
8. Arwiyanto T., Nurcahyanti S., Indradewa D., Widadada J. Grafting local commercial tomato cultivars with H-7996 and Eg-203 to suppress bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*) in Indonesia. In: Proceedings of the 4th International Symposium on Tomato Diseases. Orlando, FL: International Society for Horticultural Science (ISHS). *Acta Horticulturae*, 2015; 1069: 173–178.
9. Bergsma-Vlami M., J. van de Bilt, N. Tjou-Tam-Sin, M. Westenberg, E. Meekes, H. Teunissen, and J. Van Vaerenbergh. Phylogenetic assignment of *Ralstonia pseudosolanacearum* (*Ralstonia solanacearum* Phylotype I) isolated from *Rosa* spp. *Plant Dis.*, 2018; Vol. 102, № 11.

продовольственного картофеля (заключительный отчет). М., 2018.

8. Arwiyanto T., Nurcahyanti S., Indradewa D., Widadada J., 2015. Grafting local commercial tomato cultivars with H-7996 and Eg-203 to suppress bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*) in Indonesia. In: Proceedings of the 4th International Symposium on Tomato Diseases. Orlando, FL: International Society for Horticultural Science (ISHS). – Acta Horticulturae, 1069: 173–178.

9. Bergsma-Vlami M., J. van de Bilt, N. Tjou-Tam-Sin, M. Westenberg, E. Meekes, H. Teunissen, and J. Van Vaerenbergh, 2018. Phylogenetic assignment of *Ralstonia pseudosolanacearum* (*Ralstonia solanacearum* Phylo-type I) isolated from *Rosa* spp. – Plant Dis., Vol. 102, № 11.

10. Buddenhagen I., Sequeira L., Kelman A., 1962. Designation of races in *Pseudomonas solanacearum*. – Phytopathology, 52: 726.

11. Buddenhagen I., Kelman A., 1964. Biological and physiological aspects of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. – Annu. Rev. Phytopathol., 2: 203–230.

12. Cahyaniati C., Mortensen N., Mathur S., 1997. Bacterial Wilt of Banana in Indonesia. Technical Bulletin Jakarta: Directorate Plant Protection of Indonesia.

13. Carstensen G., Venter S., Wingfield M., Coutinho T., 2017. Two *Ralstonia* species associated with bacterial wilt of *Eucalyptus*. – Plant Pathology, Vol. 66 (3): 393–403.

14. Champoiseau P., Jones J., and Allen C., 2009. *Ralstonia solanacearum* race 3 biovar 2 causes tropical losses and temperate anxieties.

15. Coupat B., Chaumeille-Dole F., Fall S., Prior P., Simonet P., Nesme X. et al., 2008. Natural transformation in the *Ralstonia solanacearum* species complex: number and size of DNA that can be transferred. – FEMS Microbiol. Ecol., 66: 14–24.

16. Davis R., Moore N., Fegan M., 2001. Blood disease and Panama disease: two newly introduced and grave threats to banana production on the island of New Guinea. In: Food Security for Papua New Guinea. Proceedings of the Papua New Guinea Food and Nutrition 2000 Conference PNG University of Technology, Lae, 26–30 June 2000. Editors Bourke R.M., Allen M.G., Salisbury J.G. (Lae: ACIAR), 816–821.

17. Fegan M., Prior P., 2006. Diverse members of the *Ralstonia solanacearum* species complex cause bacterial wilts of banana. – Australas. Plant Pathol., № 35: 93–101.

18. Gäumann E., 1921. Onderzoekingen over de bloedziekte der bananen op Celebes I (Investigations into the blood disease of bananas on Celebes Island). Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten, No. 50, 47 p. In: Rev. Appl. Mycol., № 1: 225–227.

19. Genin S., Denny T., 2012. Pathogenomics of the *Ralstonia solanacearum* species complex. – Annu. Rev. Phytopathol., № 50: 67–89.

20. Gurjar M., Sagar V., Bag T., Singh B., Sharma S., Jeevalatha A. et al., 2015. Genetic diversity of *Ralstonia solanacearum* strains causing bacterial wilt of potato in the Meghalaya state of India. – J. Plant Pathol., № 97: 135–142.

21. Hayward A., 1964. Characteristic of *Pseudomonas solanacearum*. – J. Appl. Bact., Vol. 27, № 2: 265–277.

22. Hayward A., 1991. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. – Annu. Rev. Phytopathol., № 29: 65–87.

10. Buddenhagen I., Sequeira L., Kelman A. Designation of races in *Pseudomonas solanacearum*. *Phytopathology*, 1962; 52: 726.

11. Buddenhagen I., Kelman A. Biological and physiological aspects of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 1964; 2: 203–230.

12. Cahyaniati C., Mortensen N., Mathur S. Bacterial Wilt of Banana in Indonesia. Technical Bulletin Jakarta: Directorate Plant Protection of Indonesia. 1997.

13. Carstensen G., Venter S., Wingfield M., Coutinho T. Two *Ralstonia* species associated with bacterial wilt of *Eucalyptus*. *Plant Pathology*, 2017; Vol. 66 (3): 393–403.

14. Champoiseau P., Jones J., and Allen C., 2009. *Ralstonia solanacearum* race 3 biovar 2 causes tropical losses and temperate anxieties.

15. Coupat B., Chaumeille-Dole F., Fall S., Prior P., Simonet P., Nesme X. et al. Natural transformation in the *Ralstonia solanacearum* species complex: number and size of DNA that can be transferred. – *FEMS Microbiol. Ecol.*, 2008; 66: 14–24.

16. Davis R., Moore N., Fegan M. Blood disease and Panama disease: two newly introduced and grave threats to banana production on the island of New Guinea. In: Food Security for Papua New Guinea. Proceedings of the Papua New Guinea Food and Nutrition 2000 Conference PNG University of Technology, Lae, 26–30 June 2000. Editors Bourke R.M., Allen M.G., Salisbury J.G. (Lae: ACIAR), 2001; 816–821.

17. Fegan M., Prior P. Diverse members of the *Ralstonia solanacearum* species complex cause bacterial wilts of banana. *Australas. Plant Pathol.*, 2006; 35: 93–101.

18. Gäumann E., 1921. Onderzoekingen over de bloedziekte der bananen op Celebes I (Investigations into the blood disease of bananas on Celebes Island). Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten, No. 50, 47 p. In: *Rev. Appl. Mycol.*, № 1: 225–227.

19. Genin S., Denny T. Pathogenomics of the *Ralstonia solanacearum* species complex. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 2012; 50: 67–89.

20. Gurjar M., Sagar V., Bag T., Singh B., Sharma S., Jeevalatha A. et al. Genetic diversity of *Ralstonia solanacearum* strains causing bacterial wilt of potato in the Meghalaya state of India. *J. Plant Pathol.*, 2015; 97: 135–142.

21. Hayward A. Characteristic of *Pseudomonas solanacearum*. – *J. Appl. Bact.*, 1964; Vol. 27, № 2: 265–277.

22. Hayward A. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 1991; 29: 65–87.

23. Hayward A. Systematics and phylogeny of *Pseudomonas solanacearum* and related bacteria. In: Hayward A.C., Hartman G.L. (Eds.) Bacterial Wilt: The Disease and its Causative Agent, *Pseudomonas solanacearum*. Wallingford, CAB International: 1994; 123–135.

24. Horita M., Suga Y., Ooshiro A., Tsuchiya K. Analysis of genetic and biological characters of Japanese potato strains of *Ralstonia solanacearum*. *J. Gen. Plant Pathol.*, 2010; 76: 196–207.

25. Horita M., Tsuchiya K., Suga Y., Yano K., Waki T., Kurose D. et al. Current classification of *Ralstonia*

23. Hayward A., 1994. Systematics and phylogeny of *Pseudomonas solanacearum* and related bacteria. In: Hayward A.C., Hartman G.L. (Eds.) Bacterial Wilt: The Disease and its Causative Agent, *Pseudomonas solanacearum*. Wallingford, CAB International: 123–135.
24. Horita M., Suga Y., Ooshiro A., Tsuchiya K., 2010. Analysis of genetic and biological characters of Japanese potato strains of *Ralstonia solanacearum*. – J. Gen. Plant Pathol., № 76: 196–207.
25. Horita M., Tsuchiya K., Suga Y., Yano K., Waki T., Kurose D. et al., 2014. Current classification of *Ralstonia solanacearum* and genetic diversity of the strains in Japan. – J. Gen. Plant Pathol., № 80: 455–465.
26. Janse J., van den Beld H., Elphinstone J., Simpkins S., Tjou-Tam-Sin N., van Vaerenbergh J., 2004. Introduction to Europe of *Ralstonia solanacearum* biovar 2 race 3 in *Pelargonium zonale* cuttings. Journal of Plant Pathology, № 86 (2): 147–145.
27. Jeong Y., Kim J., Kang Y., Lee S., Hwang I., 2007. Genetic diversity and distribution of Korean isolates of *Ralstonia solanacearum*. – Plant Dis., № 91: 1277–1287.
28. Kim Y., Lim S., Kim J., Lee H., Park D., 2019. First Report of *Ralstonia solanacearum* Phylotype I Causing Bacterial Wilt on *Rosa* L. spp. in Korea. – Plant Disease, Vol. 103, № 6: 1407.
29. Kogeethavani R., Sulastri N., Mazanah M., Rozeita L., Roff M., 2014. First Report of Blood Disease Bacterium on Banana in Malaysia. Selangor: Malaysian Agricultural Research and Development Institute. 2014.
30. Lemessa F., Zeller W., 2007. Screening rhizobacteria for biological control of *Ralstonia solanacearum* in Ethiopia. – Biological Control, № 42 (3): 336–344.
31. Lomer C., Eden-Green S., Boa E., Supriadi E., 1992. Evidence for a forest origin of Sumatra disease of cloves. – Trop. Sci., 1992; 32: 95–98.
32. Lopes C., Rossato M., 2018. History and Status of Selected Hosts of the *Ralstonia solanacearum* Species Complex Causing Bacterial Wilt in Brazil. – Frontiers in Microbiology, № 9.
33. Mairawita M., Suswati S., Habazar T., Hasyim A., Nasir N., 2012. *Trigona minangkabau* potential as bacterial spreader agent of *Ralstonia solanacearum* phylotype IV cause blood disease on banana plants. In: Proceedings of the 2012 International Conference on Biological and Life Sciences. Singapore: IACSIT Press, 109–116.
34. Maulana M., Sayaka B., 2007. The features of vegetables in Indonesia and the current policy in the framework of agricultural development. – Anal. Kebijakan Pertanian, № 5: 267–284.
35. Mahbou Somo Toukam et al., 2009. Broad Diversity of *Ralstonia solanacearum* Strains in Cameroon. – Plant Disease, № 93 (11): 1123–1130.
36. N'Guessan C. et al., 2012. So near and yet so far: The Specific Case of *Ralstonia solanacearum* Populations from Cote d'Ivoire in Africa. – Phytopathology, № 102 (8): 733–740.
37. Norman D., Yuen J., 1999. First report of *Ralstonia (Pseudomonas) solanacearum* infecting pot anthurium production in Florida. – Plant Dis., № 83: 300.
38. Norman D., Zapata M., Gabriel D., Duan Y., Yuen J., Mangravita-Novo A., Donahoo R., 2009. Genetic diversity and host range variation of *Ralstonia solanacearum* strains entering North America. – Phytopathology, № 99: 1070–1077.
39. Poussier S., Trigalet-Demery D., Vandewalle P., Goffinet B., Luisetti J., Trigalet A., 2000. Genetic diversity of *Ralstonia solanacearum* as assessed by PCR-RFLP
- solanacearum* and genetic diversity of the strains in Japan. J. Gen. Plant Pathol., 2014; 80: 455–465.
26. Janse J., van den Beld H., Elphinstone J., Simpkins S., Tjou-Tam-Sin N., van Vaerenbergh J. Introduction to Europe of *Ralstonia solanacearum* biovar 2 race 3 in *Pelargonium zonale* cuttings. Journal of Plant Pathology, 2004; 86 (2): 147–145.
27. Jeong Y., Kim J., Kang Y., Lee S., Hwang I. Genetic diversity and distribution of Korean isolates of *Ralstonia solanacearum*. Plant Dis., 2007; 91: 1277–1287.
28. Kim Y., Lim S., Kim J., Lee H., Park D. First Report of *Ralstonia solanacearum* Phylotype I Causing Bacterial Wilt on *Rosa* L. spp. in Korea. Plant Disease, 2019; Vol. 103, № 6: 1407.
29. Kogeethavani R., Sulastri N., Mazanah M., Rozeita L., Roff M. First Report of Blood Disease Bacterium on Banana in Malaysia. Selangor: Malaysian Agricultural Research and Development Institute. 2014.
30. Lemessa F., Zeller W. Screening rhizobacteria for biological control of *Ralstonia solanacearum* in Ethiopia. Biological Control, 2007; 42 (3): 336–344.
31. Lomer C., Eden-Green S., Boa E., Supriadi E. Evidence for a forest origin of Sumatra disease of cloves. Trop. Sci., 1992; 32: 95–98.
32. Lopes C., Rossato M. History and Status of Selected Hosts of the *Ralstonia solanacearum* Species Complex Causing Bacterial Wilt in Brazil. Frontiers in Microbiology, 2018; 9.
33. Mairawita M., Suswati S., Habazar T., Hasyim A., Nasir N. *Trigona minangkabau* potential as bacterial spreader agent of *Ralstonia solanacearum* phylotype IV cause blood disease on banana plants. In: Proceedings of the 2012 International Conference on Biological and Life Sciences. Singapore: IACSIT Press, 2012; 109–116.
34. Maulana M., Sayaka B. The features of vegetables in Indonesia and the current policy in the framework of agricultural development. Anal. Kebijakan Pertanian, 2007; 5: 267–284.
35. Mahbou Somo Toukam et al. Broad Diversity of *Ralstonia solanacearum* Strains in Cameroon. Plant Disease, 2009; № 93 (11): 1123–1130.
36. N'Guessan C. et al. So near and yet so far: The Specific Case of *Ralstonia solanacearum* Populations from Cote d'Ivoire in Africa. Phytopathology, 2012; 102 (8): 733–740.
37. Norman D., Yuen J. First report of *Ralstonia (Pseudomonas) solanacearum* infecting pot anthurium production in Florida. Plant Dis., 1999; 83: 300.
38. Norman D., Zapata M., Gabriel D., Duan Y., Yuen J., Mangravita-Novo A., Donahoo R. Genetic diversity and host range variation of *Ralstonia solanacearum* strains entering North America. Phytopathology, 2009; 99: 1070–1077.
39. Poussier S., Trigalet-Demery D., Vandewalle P., Goffinet B., Luisetti J., Trigalet A. Genetic diversity of *Ralstonia solanacearum* as assessed by PCR-RFLP of the *hrp* gene region, AFLP, and 16S rRNA sequence analysis and identification of an African subdivision. Microbiology, 2000; 146: 1679–1692.
40. Prior P. Fegan M. Recent developments in the phylogeny and classification of *Ralstonia solanacearum*.

of the *hrp* gene region, AFLP, and 16S rRNA sequence analysis and identification of an African subdivision. – Microbiology, 146: 1679–1692.

40. Prior P. Fegan M., 2005. Recent developments in the phylogeny and classification of *Ralstonia solanacearum*. In: Proceedings of the 1st International Symposium on Tomato Diseases (Acta Horticulturae); editors Momol M.T., Ji P., Jones J.B. Orlando, FL: International Society for Horticultural Science, 127–136.

41. Roberts S., Eden-Green S., Jones P., Ambler D., 1990. *Pseudomonas syzygii* sp. nov., the cause of Sumatra disease of cloves. – Syst. Appl. Microbiol., № 13: 34–43.

42. Safni I. et al., 2014. Polyphasic taxonomic revision of the *Ralstonia solanacearum* species complex: proposal to emend the descriptions of *Ralstonia solanacearum* and *Ralstonia syzygii* and reclassify current *R. syzygii* strains as *Ralstonia syzygii* subsp. *syzygii* subsp. nov., *R. solanacearum* phylotype IV strains as *Ralstonia syzygii* subsp. *indonesiensis* subsp. nov., banana blood disease bacterium strains as *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* subsp. nov. and *R. solanacearum* phylotype I and III strains as *Ralstonia pseudosolanacearum* sp. nov. – International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, № 64: 3087–3103.

43. Sagar I. et al., 2014. Phylotype analysis of *Ralstonia solanacearum* strains causing potato bacterial wilt in Karnataka in India. – African journal of microbiology research, № 8 (12): 1277–1281.

44. Salcedo S., Santiago T., Colman A., Barreto R., 2017. First report of bacterial wilt of chickpea caused by *Ralstonia pseudosolanacearum* in Brazil. – Plant Disease, Vol. 101, № 4: 629.

45. Sikiro M., Saito K., Achigan-Dako E., Dramé K., Ahanchédé A., Venuprasad R., 2015. Genetic improvement of iron toxicity tolerance in rice – progress, challenges and prospects in West Africa. – Plant Prod. Sci., № 18: 423–434.

46. Suga Y., Horita M., Umekita M., Furuya N., Tsuchiya K., 2013. Pathogenic characters of Japanese potato strains of *Ralstonia solanacearum*. – J. Gen. Plant Pathol., 79: 110–114.

47. Tebaldi C., Arblaster J., 2014. Pattern scaling: Its strengths and limitations, and an update on the latest model simulations. – Climatic Change, 122 (3): 459–471. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-1032-9>.

48. Teng S., Aziz N., Mustafa M., Laboh R., Ismail I., Sulaiman S. et al., 2016. The occurrence of blood disease of banana in Selangor, Malaysia. – Int. J. Agric. Biol., № 18: 92–97.

49. Tjou-Tam-Sin N., van de Bilt J., Westenberg M., Gorkink-Smits P., Landman N. and Bergsma-Vlami M., 2018. Study of the virulence of *Ralstonia pseudosolanacearum* from greenhouse roses (*Rosa* spp.). – Koninklijke Nederlandse Planteziektenkundige Vereniging, Wageningen, Netherlands. Gewasbescherming, Vol. 49, № 2: 57–63.

50. Villa J., Tsuchiya K., Horita M., Natural M., Opina N., Hyakumachi M., 2005. Phylogenetic relationships of *Ralstonia solanacearum* species complex strains from Asia and other continents based on 16S rDNA, endoglucanase, and *hrpB* gene sequences. – J. Gen. Plant Pathol., № 71: 39–46.

51. Wenneker M. et al., 1999. *Ralstonia (Pseudomonas) solanacearum* Race 3 (Biovar 2) in Surface Water and Natural Weed Hosts: First Report on Stinging Nettle (*Urtica dioica*). – European Journal of Plant Pathology, № 105 (3): 307–315.

In: Proceedings of the 1st International Symposium on Tomato Diseases (Acta Horticulturae); editors Momol M.T., Ji P., Jones J.B. Orlando, FL: International Society for Horticultural Science, 2005; 127–136.

41. Roberts S., Eden-Green S., Jones P., Ambler D. *Pseudomonas syzygii* sp. nov., the cause of Sumatra disease of cloves. *Syst. Appl. Microbiol.*, 1990; 13: 34–43.

42. Safni I. et al. Polyphasic taxonomic revision of the *Ralstonia solanacearum* species complex: proposal to emend the descriptions of *Ralstonia solanacearum* and *Ralstonia syzygii* and reclassify current *R. syzygii* strains as *Ralstonia syzygii* subsp. *syzygii* subsp. nov., *R. solanacearum* phylotype IV strains as *Ralstonia syzygii* subsp. *indonesiensis* subsp. nov., banana blood disease bacterium strains as *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* subsp. nov. and *R. solanacearum* phylotype I and III strains as *Ralstonia pseudosolanacearum* sp. nov. – *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 2014; 64: 3087–3103.

43. Sagar I. et al. Phylotype analysis of *Ralstonia solanacearum* strains causing potato bacterial wilt in Karnataka in India. *African journal of microbiology research*, 2014; 8 (12): 1277–1281.

44. Salcedo S., Santiago T., Colman A., Barreto R. First report of bacterial wilt of chickpea caused by *Ralstonia pseudosolanacearum* in Brazil. *Plant Disease*, 2017; Vol. 101, № 4: 629.

45. Sikiro M., Saito K., Achigan-Dako E., Dramé K., Ahanchédé A., Venuprasad R. Genetic improvement of iron toxicity tolerance in rice – progress, challenges and prospects in West Africa. *Plant Prod. Sci.*, 2015; 18: 423–434.

46. Suga Y., Horita M., Umekita M., Furuya N., Tsuchiya K. Pathogenic characters of Japanese potato strains of *Ralstonia solanacearum*. *J. Gen. Plant Pathol.*, 2013; 79: 110–114.

47. Tebaldi C., Arblaster J. Pattern scaling: Its strengths and limitations, and an update on the latest model simulations. *Climatic Change*, 2014; 122 (3): 459–471. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-1032-9>.

48. Teng S., Aziz N., Mustafa M., Laboh R., Ismail I., Sulaiman S. et al. The occurrence of blood disease of banana in Selangor, Malaysia. *Int. J. Agric. Biol.*, 2016; 18: 92–97.

49. Tjou-Tam-Sin N., van de Bilt J., Westenberg M., Gorkink-Smits P., Landman N. and Bergsma-Vlami M. Study of the virulence of *Ralstonia pseudosolanacearum* from greenhouse roses (*Rosa* spp.). Koninklijke Nederlandse Planteziektenkundige Vereniging, Wageningen, Netherlands. *Gewasbescherming*, 2018; Vol. 49, № 2: 57–63.

50. Villa J., Tsuchiya K., Horita M., Natural M., Opina N., Hyakumachi M. Phylogenetic relationships of *Ralstonia solanacearum* species complex strains from Asia and other continents based on 16S rDNA, endoglucanase, and *hrpB* gene sequences. *J. Gen. Plant Pathol.*, 2005; 71: 39–46.

51. Wenneker M. et al. *Ralstonia (Pseudomonas) solanacearum* Race 3 (Biovar 2) in Surface Water and Natural Weed Hosts: First Report on Stinging Nettle (*Urtica dioica*). *European Journal of Plant Pathology*, 1999; 105 (3): 307–315.

52. Wicker E., Lefeuvre P., de Cambiaire J., Le-maire C., Poussier S., and Prior P., 2012. Contrasting recombination patterns and demographic histories of the plant pathogen *Ralstonia solanacearum* inferred from MLSA. – ISME J., № 6: 961–974.

53. Xu et al., 2009. Quantitative proteomics reveals the function of unconventional ubiquitin chains in proteasomal degradation. – Cell, № 137 (1): 133–145.

54. Yahiaoui N., Chéron J., Jeetah R., Benimadhu S., Félicité J., Cellier G., Prior P., Guérin F. Poussier S., 2016. First report of *Ralstonia pseudosolanacearum* phylo-type I causing bacterial wilt on Rodrigues Island, Indian Ocean. – Plant Dis., № 100: 2522.

55. Yahiaoui N., Chéron J., Ravelomanantsoa S., Hamza A., Petrousse B., Jeetah R., Jaufeerally-Fakim Y., Félicité J., Fillâtre J., Hostachy B., Guérin F., Cellier G., Prior P., Poussier S., 2017. Genetic diversity of the *Ralstonia solanacearum* species complex in the southwest Indian Ocean islands. – Front. Plant Sci., № 8: 2139.

56. CABI. – URL: <https://www.cabi.org/cpc> (дата обращения: 17.06.2021).

57. EPPO Global Database. – URL: <https://gd.eppo.int> (дата обращения: 17.06.2021).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шнейдер Елена Юрьевна, старший научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии и бактериологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; e-mail: seunch@mail.ru.

Дренова Наталия Васильевна, старший научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии и бактериологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; ORCID 0000-0003-4020-2910, e-mail: drenova@mail.ru.

Каримова Елена Владимировна, кандидат биологических наук, начальник научно-методического отдела вирусологии и бактериологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; ORCID 0000-0001-6474-8913, e-mail: elenavkar@mail.ru.

52. Wicker E., Lefeuvre P., de Cambiaire J., Le-maire C., Poussier S., and Prior P. Contrasting recombination patterns and demographic histories of the plant pathogen *Ralstonia solanacearum* inferred from MLSA. *ISME J.*, 2012; 6: 961–974.

53. Xu et al. Quantitative proteomics reveals the function of unconventional ubiquitin chains in proteasomal degradation. *Cell*, 2009; 137 (1): 133–145.

54. Yahiaoui N., Chéron J., Jeetah R., Benimadhu S., Félicité J., Cellier G., Prior P., Guérin F. Poussier S. First report of *Ralstonia pseudosolanacearum* phylo-type I causing bacterial wilt on Rodrigues Island, Indian Ocean. *Plant Dis.*, 2016; 100: 2522.

55. Yahiaoui N., Chéron J., Ravelomanantsoa S., Hamza A., Petrousse B., Jeetah R., Jaufeerally-Fakim Y., Félicité J., Fillâtre J., Hostachy B., Guérin F., Cellier G., Prior P., Poussier S. Genetic diversity of the *Ralstonia solanacearum* species complex in the southwest Indian Ocean islands. *Front. Plant Sci.*, 2017; 8: 2139.

56. CABI. URL: <https://www.cabi.org/cpc> (last accessed: 17.06.2021).

57. EPPO Global Database. URL: <https://gd.eppo.int> (last accessed: 17.06.2021).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Elena Shneyder, Senior Researcher, Scientific and Methodological Department of Virology and Bacteriology, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; e-mail: seunch@mail.ru.

Nataliya Drenova, Senior Researcher, Scientific and Methodological Department of Virology and Bacteriology, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0003-4020-2910, e-mail: drenova@mail.ru.

Elena Karimova, PhD in Biology, Head of Scientific and Methodological Department of Virology and Bacteriology, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0001-6474-8913, e-mail: elenavkar@mail.ru.