

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПОИСКОВОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ПО ДИАГНОСТИКЕ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ЧЕРНОЙ НОЖКИ КАРТОФЕЛЯ (РОД PECTOBACTERIUM)

THE FORMATION OF A COMPUTER SEARCH DATABASE FOR DIAGNOSTICS OF THE PATHOGENS OF THE BLACK LEG OF POTATOES (GENUS PECTOBACTERIUM)

Лазарев А.М.

ВНИИ защиты растений

196608, Россия, г. Санкт-Петербург, Пушкин, ш. Подбельского, д. 3

E-mail: allazar54@mail.ru

К хорошо известным уже более столетия возбудителям черной ножки стеблей и мягкой гнили клубней картофеля за последнюю четверть века на земном шаре добавилось около 10 новых видов (разновидностей) пектолитических бактерий рода *Pectobacterium*, вызывающих примерно аналогичные симптомы и достаточно распространенных в западноевропейских странах и на других континентах мира. В связи с завозом импортного семенного материала большая часть этих новых биообъектов выявлена в центральных регионах европейской части Российской Федерации и начинает активно расширять свой ареал. Накопленный научный материал исследований в стране и за рубежом по патогенам рода *Pectobacterium* достаточно объемный и требует подробной систематизации для их точного мониторинга. В статье кратко приведены изменения систематического положения видов этого рода в течение последних 70 лет. Собранный материал в виде компьютерной базы данных, в которую включены до 40 показателей по каждому биообъекту, позволит успешно ориентироваться по специально созданной информационно-поисковой системе. В ней описаны симптоматические особенности заболевания в зависимости от почвенно-климатических колебаний вегетационного сезона, от качества используемого семенного материала, косвенного воздействия антропогенного фактора и др. В число обязательных параметров патогена войдет детальное описание, синонимы и систематическое положение, полный объем сравнительных сведений по биологическим свойствам, методы диагностики как в чистой культуре, так и в пораженном материале, а также меры борьбы с этим биообъектом. Ввиду простоты компьютерной базой данных могут воспользоваться специалисты службы защиты растений, агрономы-растениеводы, фермеры, а также сотрудники научно-исследовательских институтов и учреждений сельскохозяйственного профиля.

Ключевые слова: картофель, вид, *Pectobacterium*, систематика, компьютерная база данных.

Для цитирования: Лазарев А.М. ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПОИСКОВОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ПО ДИАГНОСТИКЕ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ЧЕРНОЙ НОЖКИ КАРТОФЕЛЯ (РОД PECTOBACTERIUM). Аграрная наука. 2019; (5): 79-83.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-325-5-79-83>

В Российской Федерации производству картофеля, особенно его семеноводству, значительные потери причиняют, при этом с каждым годом возрастающие, бактериозы, среди которых существенно выделяется хорошо известное заболевание — черная ножка стеблей и мягкая гниль клубней (Зайцев и др., 2016; Игнатов и др., 2015, 2018б). В период вегетации оно поражает все части растения, а при хранении урожая — клубни. На протяжении нескольких десятилетий многостороннего изучения видовое обозначение возбудителей черной ножки многократно переименовывали. Последние

Lazarev A.M.

FSBSI All-Russian institute of plant protection (FSBSI VIZR)

196608, Russia, St. Petersburg — Pushkin, sh. Podbelskogo, 3

E-mail: allazar54@mail.ru

Over the last quarter of century, about 10 new species (varieties) of pectolytic bacteria of the genus *Pectobacterium*, which cause approximately similar symptoms and are quite common in Western European countries and on other continents, have been added to well-known causative agents of black leg of plants and soft rot of tubers of potato for more than a century. In connection with the importation of seed material, most of these new biological objects were identified in the central regions of the European part of the Russian Federation and are beginning to expand actively their range. The accumulated scientific material of research in the country and abroad on pathogens of the genus *Pectobacterium* is quite voluminous and requires detailed systematization for their accurate monitoring. The article briefly describes the changes in the systematic position of species of this genus over the past 70 years. The collected material in the form of a computer database, which includes up to 40 indicators for each bioobject, will allow you to successfully navigate through specially created information retrieval system. It describes the symptomatic features of the disease depending on the soil and climatic fluctuations of the growing season, the quality of the seed tubers, the indirect impact of the anthropogenic factor, etc. The required parameters of the pathogen will include a detailed description, synonyms and systematic position, the full scope of comparative information on biological properties, diagnostic methods both in pure culture and in the affected material, as well as measures of control with this bioobject. In view of the simplicity of the computer database can be used by the specialists of plant protection, agronomists, plant growers, farmers, as well as employees of research institutes and institutions of agricultural profile.

Key words: potato, species, *Pectobacterium*, systematics, computer database

For citation: Lazarev A.M. THE FORMATION OF A COMPUTER SEARCH DATABASE FOR DIAGNOSTICS OF THE PATHOGENS OF THE BLACK LEG OF POTATOES (GENUS PECTOBACTERIUM). Agrarian science. 2019; (5): 79-83. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-325-5-79-83>

15–20 лет особенно характеризуются существенными изменениями как видового состава этих патогенов, так и их систематического обозначения (теперь переименование осуществлено в род *Pectobacterium*). В отечественной научной литературе по-прежнему продолжается относительно этих показателей определенная путаница среди ряда специалистов, в которую важно внести определенные дополнения.

В 1945 году фитобактериолог Waldee E.L. (1945) отделил от рода *Erwinia* возбудителей бактериоза, оформив данные патогены в 3 вида — *P. phytophthorum* (Appel)

Waldee, *P. carotovorum* (Jones) Waldee и *P. aroideae* (Townsend) Waldee, которые образуют протопектиназу и вызывают мягкую гниль картофеля. Это время характеризовалось наиболее активным изучением указанного заболевания (Хэ Ли-юань, 1961; Пуйпене, 1964; Капустин, 1968; Рагозина, 1970; Хурция, 1972; Шнейдер, 1972; Генералова, 1977; Держипильский, 1985; Лазарев, 1985; и др.). Данное обозначение видов продержалось почти до середины 1980-х годов. Затем их родовое название было возвращено — в самостоятельные виды *E. carotovora* и *E. atroseptica*, но позднее видоизменилось в вид *E. carotovora* с «картофельными» разновидностями — *E. carotovora* var. (subsp.) *atroseptica*, условно именуемую «стеблевой» формой, и *E. carotovora* var. (subsp.) *carotovora* — «клубневой». Этот систематический подход к описываемым патогенам продержался около 20 лет. Отметим, что оптимальной температурой для проявления данного бактериоза считают 21–26 °C, но вышеупомянутая «стеблевая» форма развивалась и при более низких температурах (16–18 °C). У первого зарубежные специалисты выявили 4 серогруппы, а у второй — 38, из которых 2 определены общими с первой. К наиболее распространенной относили I серогруппу «стеблевой» формы, к которой почти три десятилетия специалисты ВНИИ картофельного хозяйства изготавливали диагностическую поливалентную сыворотку.

Ввиду своей большой площади территория Российской Федерации включает огромное количество агроклиматических зон, серьезно различающихся по ряду показателей — температуре воздуха, влажности почвы, безморозному периоду и др. Однако даже за сравнительно длительный срок исследований территориальная принадлежность указанных биообъектов в стране так и не была, к сожалению, должным образом оценена, даже учитывая докторскую работу Шнейдера Ю.И. (1972), поэтому предполагаем, что в определенном будущем предстоит определенная работа по установлению и оценке их распространенности и вредоносности в разных регионах государства.

В настоящее время возбудителей черной ножки и мягкой гнили картофеля (и ряда других сельскохозяйственных культур) по предложению Hauben L. et al. (1998) относят к группе пектолитических энтеробактерий, объединяющей виды рода *Pectobacterium* (Waldee, 1945) Hauben, Moore, Vauterin, Steenackers, Mergaert,

Verdonck, Swings, 1999 (ранее *Erwinia*), где в комплекс *P. carotovorum* (Jones, 1901) Waldee, 1945 введены *P. carotovorum* subsp. *brasiliense* Nabhan et al., 2012 (Duarte et al., 2004; Ma et al., 2007; Van der Merwe et al., 2010; Marquez-Villavicencio et al., 2011; Panda et al., 2012, 2015; Czajkowski, et al., 2015; Kwenda et al., 2016; Баранник и др., 2018), *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* (Jones, 1901) Waldee, 1945, *P. carotovorum* subsp. *odoriferum* (Gallois, Samson, Ageron, Grimont 1992) Hauben, Moore, Vauterin, Steenackers, Mergaert, Verdonck, Swings, 1999 (Waleron et al., 2014), а также *P. atrosepticum* (van Hall, 1902) Gardan, Gouy, Christen, Samson 2003, *P. carotovorum* subsp. *odoriferum*, *P. betavascularum* (Thomson, Hildebrand, Schroth 1984) Gardan, Gouy, Christen, Samson, 2003, *P. wasabiae* (Goto, Matsumoto, 1987) Gardan, Gouy, Christen, Samson, 2003 (Dees et al., 2017; Панычева и др., 2017). Некоторые новые виды — *P. aroidearum* Nabhan, De Boer, Maiss, Wydra, 2013 и *P. parmentieri* Hauben, Moore, Vauterin, Steenackers, Mergaert, Verdonck, Swings — были описаны для определенных растений-хозяев, однако их систематическое положение представляется пока еще недостаточно стойким (Nabhan et al., 2012; Nykyri et al., 2013; Czajkowski et al., 2015; Khayr et al., 2016). В то же время часть научного сообщества доводы за отделение рода *Pectobacterium* не считают убедительными.

Отечественные авторы (Shirshikov et al., 2018) на основании геномного анализа ряда коллекционных штаммов рода *Pectobacterium*, несколько отличающихся от других его представителей, предлагают создать новый вид — *Candidatus P. maceratum*, вызывающий гниение картофеля. По мнению пакистанских ученых (Sarraz et al., 2018; Oulghazi et al., 2019), в описываемом роде также отдельно можно расположить другие патогены — *P. punjabense* sp. nov. (из картофеля с симптомами черной ножки) и *P. fontis* sp. nov. (из сточных вод). Не исключено также, что со временем ряд других видов рода *Pectobacterium* (*P. aroidearum*, *P. polaris*, *P. carotovora* var. *rhapontchici*, *P. carotovora* var. *cyripedii* и др.) «заявит» свою приуроченность к картофелю как к постоянной пищевой базе (Dees et al., 2017; Баранник и др., 2018). По сведениям отечественных специалистов, новые для Российской Федерации виды *P. wasabiae* (существует мнение, что это синоним вида *P. parmentieri*), *P. carotovorum* subsp. *brasiliense*, *P. betavascularum*,



P. carotovorum subsp. odoriferum и *Candidatus P. maceratum* вызывают поражение картофеля, их исследования в стране начаты сравнительно недавно (Карандашов, 2017, URL: <http://www.welikepotato.ru/assets/files/present/123456/pectobacterium-carotovorum-subsp.-brasiliensis.pdf>; Панычева и др., 2017, 2018; Баранник и др., 2018; Shrishikov et al., 2018).

Кроме того, как выяснили зарубежные исследователи более 20 лет назад, приблизительно аналогичные классические симптомы черной ножки стеблей и мягкую гниль клубней и высокую вредоносность вызывают представители энтеробактерий рода *Dickeya* Samson et al., 2005 — *D. dianthicola* и *D. solani* (Samson et al., 2005; Toth et al., 2011). Обнаружение этой новой группы патогенов на территории страны принадлежит московским ученым (Карлов и др., 2010, 2011; Карлов, 2011; Лазарев и др., 2013, 2014; Игнатов и др., 2018a). По мнению Игнатова А.Н. с соавторами (2015), за период 2009–2013 годов распространенность возбудителей рода *Dickeya* в партиях семенного картофеля на территории Российской Федерации возросла с 3% до 26–28%. Проявление указанных патогенов родов *Pectobacterium* и *Dickeya* на полях Российской Федерации регистрируют ежегодно, отмечая расширение их ареалов и усиление их вредоносности. На их активное распространение, по-видимому, может оказывать серьезное влияние инфекционное начало (в латентной форме) в семенных клубнях, зараженные партии которых перемещаются по регионам, и почвенно-климатические особенности вегетационного сезона. Интересный исследовательский материал, касающийся выявления в образцах пораженного растительного материала ряда перечисленных «картофельных» патогенов, получен Карандашовым В. (Карандашов, URL: <http://www.welikepotato.ru/assets/files/present/123456/pectobacterium-carotovorum-subsp.-brasiliensis.pdf>).

Так, на базе Испытательной лаборатории ООО «Независимая диагностическая лаборатория» осенью 2017 года ни в одном из тестируемых 217 образцов большого картофеля им не обнаружены бактерии рода *Dickeya*, зато среди выявленных оказались следующие патогены: *P. atrosepticum* — 4% (одно хозяйство), *P. carotovorum subsp. carotovorum* — 18, *P. wasabiae* — 12, а *P. carotovorum subsp. brasiliensis* — 49%. Проведенный анализ пораженного картофеля в сельскохозяйственном сезоне 2018 года выявил ограниченное разнообразие патогенов, среди которых в определенной степени доминировали *P. carotovorum subsp. brasiliense* и *P. carotovorum subsp. carotovorum* (Панычева и др., 2018).

Эти «картофельные» виды рода *Pectobacterium* вызывают очень близкие симптоматические признаки черной ножки стеблей и мягкой гнили клубней; они различаются рядом биологических признаков и некоторыми технологическими особенностями своей диагностики, их выявляют высокоспецифическими тестами. Данные параметры также важно уметь успешно дистанцировать от микроорганизмов рода *Dickeya*. Все эти факторы требуют подробной детализации и определенной систематизации всех накопленных сведений, известных относительно «картофельных» представителей рода *Pectobacterium*.

Ранее для описания симптоматических признаков по проявлению бактериальных патогенов на поражаемых культурах, биологических свойств и методик их изоляции из растений-хозяев, способов диагностики и мер борьбы с данными микроорганизмами служили справочные пособия, методические рекомендации и

указания, которые было невозможно полноценно применять из-за их разбросанности по различным государственным и личным библиотекам. Кроме того, зачастую возможности таких информативных источников были ограничены незначительным тиражом печатного материала и были снабжены небольшим количеством фотографий. В течение этого столетия непрерывно накапливаются научные сведения, с которыми очень сложно работать так, чтобы их можно было всесторонне охватить и оценить. Для решения данной проблемы на смену бумажным носителям приходят электронные средства обобщения всего объема научного материала. В настоящее время внедрение компьютерных технологий по сбору и обработке обширной информации позволит всесторонне суммировать результаты накопленной исследовательской работы и качественно оценить фитосанитарный мониторинг перечисленных биообъектов. Составление систем управления баз данных (СУБД) позволяет эффективно накапливать и анализировать информацию, при этом в качестве источников информации будут служить как оригинальные исследования, так и литературные данные. Именно с целью накопления данных по видам возбудителей черной ножки картофеля (род *Pectobacterium*), распространенных на территории РФ, нами проведен значительный сбор сведений, разрабатывается компьютерная база данных (КБД) и созданная на ее основе информационно-поисковая система (ИПС). Планируется разработка динамической формы с единым универсальным программным кодом, которая будет при острой необходимости изменять свой вид и набор управляющих элементов в зависимости от дополняющих элементов.

Это позволит автоматизировать постоянное заполнение, длительное хранение, быстрый поиск и своевременную выдачу запрашиваемого блока информации, необходимой при работе с указанными биообъектами. Применение такой схемы работы сможет помочь и в целях прогнозирования и предупреждения опасных фитосанитарных ситуаций, связанных с данным бактериозом. Количество технических параметров, касающихся каждого изучаемого биообъекта, будет составлять около 40 единиц. Сюда будут входить симптоматические особенности заболевания в зависимости от почвенно-климатических колебаний вегетационного сезона, от качества используемого семенного материала, косвенного воздействия антропогенного фактора. В число обязательных параметров для каждого патогена будет входить его детальное описание, будут приведены синонимы и систематическое положение, отражен полный объем сведений по биологическим свойствам, методам диагностики как в чистой культуре, так и в пораженном материале, а также описаны меры борьбы с этим биообъектом. Пользователями КБД могут быть специалисты службы защиты растений, агрономы-растениеводы, фермеры, а также сотрудники научно-исследовательских институтов и учреждений сельскохозяйственного профиля. Предлагаемая структура обладает универсальностью и сможет использоваться применительно к любым регионам РФ, естественно, с учетом специфического набора культур, вредных объектов и прочих компонентов, составляющих основу компьютерной базы данных. Позднее будет создан сайт последней с вариантом на английском.

Работа выполнялась в соответствии с КПНИ «Селекция и семеноводство картофеля».

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранник А.П., Симонов Р.А., Васильев Д.М. [и др.]. Дифференцирование пектолитических патогенов картофеля *Pectobacterium* и *Dickeya* spp. генетическим фингерпринтингом // Международная научно-практическая конференция «Современные технологии и средства защиты растений — платформа для инновационного освоения в АПК России». Материалы конференции (8–12 октября 2018 г.). — СПб. — Пушкин, 2018. — С. 25–26.
2. Генералова И.В. Биологические особенности развития возбудителей черной ножки картофеля в Белоруссии в связи с селекцией на болезнеустойчивость и разработкой мер борьбы: автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Минск, 1977. — 24 с.
3. Держипильский Л.М. Черная ножка картофеля и обоснование мероприятий по борьбе с ней в Прикарпатье: автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Л., 1985. — 21 с.
4. Зайцев И. А., Варицев Ю.А., Лазарев А.М. [и др.]. Мониторинг скрытых (латентных) форм распространения возбудителей черной ножки и кольцевой гнили картофеля в Российской Федерации // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. Сельскохозяйственные науки: научные приоритеты ученых (25 ноября 2016 г.). — Пермь, 2016. — С. 38–55.
5. Игнатов А.Н., Егорова М.С., Ходыкина М.В. Распространение бактериальных и фитоплазменных болезней растений в России // Защита и карантин растений. — 2015. — № 5. — С. 6–9.
6. Игнатов А.Н., Лазарев А.М., Панычева Ю.С. [и др.]. Бактериальные патогены картофеля рода *Dickeya* за рубежом и в Российской Федерации: систематика и этиология заболеваний // Сельскохозяйственная биология. — 2018а. — Вып. 53. — № 1. — С. 123–131. doi: 0.15389/agrobiology.2018.1.123rus.
7. Игнатов А.Н., Панычева Ю.С., Воронина М.В., Джалилов Ф.С. Бактериозы картофеля в Российской Федерации // Картофель и овощи. — 2018б. — № 1. — С. 3–8.
8. Капустин М.Н. Бактериальные (мокрые) гнили картофеля и меры борьбы с ними: автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 1968. — 20 с.
9. Карандашов В. *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis* — основной бактериальный патоген картофеля осенью 2017 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.welikepotato.ru/assets/files/present/123456/pectobacterium-carotovorum-subsp.-brasiliensis.pdf>.
10. Карлов А.Н., Зотов В.С., Пехтерева Э.Ш. [и др.]. *Dickeya dianthicola* — новый для России бактериальный патоген картофеля // Известия ТСХА. — 2010. — № 3. — С. 134–141.
11. Карлов А.Н., Игнатов А.Н., Карлов Г.И. [и др.]. Диагностика бактериального патогена картофеля *Dickeya dianthicola* // Известия ТСХА. — 2011. — № 3. — С. 38–48.
12. Карлов А.Н. Диагностика черной ножки картофеля, вызываемой бактериями рода *Dickeya* и генетический полиморфизм штаммов возбудителей: автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 2011. — 23 с.
13. Лазарев А.М. Биологические особенности возбудителя черной ножки картофеля в Северо-Западной зоне РСФСР и методы его диагностики: автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Л., 1985. — 16 с.
14. Лазарев А.М. Новый возбудитель бактериоза картофеля атакует российские поля // Защита и карантин растений. — 2013. — № 6. — С. 11–15.
15. Лазарев А.М., Игнатов А.Н., Карлов А.Н. [и др.]. Бактерии *Pectobacterium* spp. и *Dickeya* spp. — возбудители черной ножки картофеля // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы аграрной науки и научное обеспечение АПК» (16–17 апреля 2014 года, г. Великие Луки). — Великие Луки, 2014. — С. 68–72.
16. Панычева Ю.С., Васильев Д.М., Мирошников К.А., Игнатов А.Н. Видовое разнообразие пектолитических бактерий — возбудителей болезней картофеля и сахарной свеклы в Российской Федерации и методы их диагностики // Международная научно-практическая конференция «Современные технологии и средства защиты растений — платформа для инновационного освоения в АПК России». Материалы конференции (8–12 октября 2018 г.). — СПб. — Пушкин, 2018. — С. 120–121.
17. Панычева Ю.С., Воронина М.В., Гресис В.О., Игнатов А.Н. Бактериальные болезни сахарной свеклы в Российской Федерации: распространение и вредоносность // Сахар. — 2017. — № 1. — С. 26–30.
18. Пуйпене И.К. «Черная ножка» картофеля в Литве, основные черты биологии ее возбудителя и меры борьбы с ней: автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Вильнюс, 1964. — 20 с.
19. Рагозина И.И. Экзоферменты *Pectobacterium phytophthorum* (Appel) Waldee и их роль в патогенезе черной ножки картофеля: автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 1970. — 26 с.
20. Хурция Б.Н. Результаты изучения *Pectobacterium phytophthorum*, возбудителя бактериоза картофеля, в Грузии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Тбилиси, 1972. — 28 с.
21. Хэ Ли-юань. Некоторые особенности биологии возбудителя черной ножки: автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 1961. — 16 с.
22. Шнейдер Ю.И. Бактериозы картофеля, вызываемые бактериями родов *Pectobacterium*, *Pseudomonas* и *Bacillus*: автореф. дис. ... докт. биол. наук. — М., 1972. — 71 с.
23. Czajkowski R., Prombelon M.C.M., Jafra S. [et al.]. 2015. Detection, identification and differentiation of *Pectobacterium* and *Dickeya* species causing potato blackleg and tuber soft rot: a review. *Ann. Appl. Biol.* 166 (1):18–38. doi:10.1111/aab.12166.
24. Dees M.W., Lysoe E., Rossmann S. [et al.]. 2017. *Pectobacterium polaris* sp. nov., isolated from potato (*Solanum tuberosum*). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 67: 5222–5229.
25. Duarte V., de Boer S.H., Ward L.J., de Oliveira A.M. 2004. Characterization of atypical *Erwinia carotovora* strains causing blackleg of potato in Brazil // *J. Appl. Microbiol.* 96(3):535–545.
26. Hauben L., Moore E.R.B., Vauterin L. [et al.]. 1998. Phylogenetic position of phytopathogens within the Enterobacteriaceae // *Syst. Appl. Microbiol.* 21: 384–397.
27. Nabhan S., De Boer S.H., Maiss E., Wydra K. 2013. *Pectobacterium aroidearum* sp. nov., a soft rot pathogen with preference for monocotyledonous plants // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 63: 2520–2525.
28. Gardan L., Gouy C., Christen R., Samson R. 2003. Elevation of three subspecies of *Pectobacterium carotovorum* to species level: *Pectobacterium atrosepticum* sp. nov., *Pectobacterium betavascularum* sp. nov. and *Pectobacterium wasabiae* sp. nov. // *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 53: 381–391.
29. Nykyri J., Mattinen L., Niemi O. [et al.]. 2013. Role and regulation of the Flp/Tad pilus in the virulence of *Pectobacterium atrosepticum* SCRI1043 and *Pectobacterium wasabiae* SCC3193. *PLoS One* 8(9):e73718. doi: 10.1371/journal.pone.0073718.
30. Khan S., Cigna J., Chong T.M. [et al.]. 2016. Transfer of the potato plant isolates of *Pectobacterium wasabiae* to *Pectobacterium parmentieri* sp. nov. // *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 66: 5379–5383, doi: 10.1099/ijsem.0.001524.
31. Kwenda S., Birch P.R., Moleleki L.N. 2016. Genome-wide identification of potato long intergenic noncoding RNAs responsive to *Pectobacterium carotovorum* subspecies *brasiliensis* infection // *BVC Genomics*. 17(1): 614. doi: 10.1186/s12864-016-2967-9.
32. Lee D.H., Kim J.-B., Lim J.-A. [et al.]. 2014. Genetic Diversity of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis* Isolated in Korea. *Plant Pathol. J.* 30(2): 117–124. doi: 10.5423/PPJ.OA.12.2013.0117.
33. Ma B., Hibbing M.E., Kim H.S. [et al.]. 2007. Host range and molecular Phylogenies of the soft rot enterobacterial genera *Pectobacterium* and *Dickeya* // *Phytopathology*. 97(9): 1150–1163.
34. Marquez-Villavicencio M. del P., Groves R.L., Charkowski A.O. 2011. Soft rot disease severity is affected by potato physiology and *Pectobacterium* taxa // *Plant Dis.* 95:232–241.
35. Oulghazi S., Cigna J., Lau Y.Y. [et al.]. 2019. Transfer of the waterfall source isolate *Pectobacterium carotovorum* M022 to *Pectobacterium fontis* sp. nov., a deep-branching species within the genus *Pectobacterium* // *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 69: 470–475. doi: 10.1099/ijsem.0.003180
36. Panda P., Fiers M.A.W.J., Armstrong K., Pitman A.R. 2012. First report of blackleg and soft rot of potato caused by

Pectobacterium carotovorum subsp. *brasiliensis* in New Zealand // New Dis. Rep. 26: 15. doi:10.5197/j.2044-0588.2012.026.015.

37. Panda P., Fiers M.A.W.J., Lu A. [et al.]. 2015. Draft Genome Sequences of Three *Pectobacterium* Strains Causing Blackleg of Potato: *P. carotovorum* subsp. *brasiliensis* ICMP 19477, *P. atrosepticum* ICMP 1526, and *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* UGC32 // Genome Announc. 3(4): e00874–15. doi: 10.1128/genomeA.00874–15.

38. Samson R., Legendre J.B., Christen R. [et al.]. 2005. Transfer of *Pectobacterium chrysanthemi* (Burkholder et al. 1953) Brenner et al. 1973 and *Brenneria paradisiaca* to the genus *Dickeya* gen. nov. as *Dickeya chrysanthemicomb* nov. and *Dickeya paradisiaca* comb. nov. and delineation of four novel species, *Dickeya dadantii* sp. nov., *Dickeya dianthicola* sp. nov., *Dickeya dieffenbachiae* sp. nov. and *Dickeya zeae* sp. nov. // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 55: 1415–1427.

39. Sarfraz S., Riaz K., Oulghazi S. [et al.]. 2018. *Pectobacterium punjabense* sp. nov., isolated from blackleg symptoms of

potato plants in Pakistan // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 68: 3551–3556, doi: 10.1099/ijsem.0.003029.

40. Shirshikov F.V., Korzhenkov A.A., Miroshnikov K.K. [et al.]. 2018. Draft genome sequences of new genomospecies «*Candidatus Pectobacterium macerans*» strains, which cause soft rot in plant // Genome Announcements. 6 (15): c.

41. Van der Merwe J.J., Coutinho T.A., Korsten L., van der Waals J.E. 2010. *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis* causing blackleg on potatoes in South Africa // Eur. J. Plant Pathol. 126: 175–185.

42. Waldee E.L. 1945. Comparative studies of some peritrichous phytopathogenic bacteria // Iowa State Col. Journal of Science. 19 (4): 435–484.

43. Waleron M., Waleron K., Lojkowska E. 2014. Characterization of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *odoriferum* causing soft rot of stored vegetables // European Journal of Plant Pathology. 139 (3): 457–469.

REFERENCES

1. Barannik A.P., Simonov R.A., Vasilyev D.M. [et al.]. Differentiation of potato pectolytic pathogens *Pectobacterium* and *Dickeya* spp. genetic fingerprinting // International Scientific and Practical Conference "Modern technologies and means of plant protection a platform for innovative development in the agro-industrial complex of Russia". Proceedings of conference (October 8–12, 2018). SPb Pushkin, 2018. P. 25–26. (In Russian)

2. Derzhipilsky L.M. Black leg of potatoes and the rationale of measures of control with it in the Carpathian region: abstract of dis. ... cand. biol. sciences. L., 1985. 21 p. (In Russian)

3. Generalova I.V. Biological features of the development of pathogens of the black leg of potatoes in Belarus in connection with the selection for disease resistance and the development of control measures: abstract of dis. ... cand. biol. sciences. Minsk, 1977. 24 p. (In Russian)

4. He Li-yuan. Some features of the biology of the causative agent of the black leg: abstract of dis. ... cand. biol. sciences. M., 1961. 16 p. (In Russian)

5. Hurtsiya B.N. The results of a study of *Pectobacterium phytophthorum*, the causative agent of potato bacteriosis, in Georgia: abstract of dis. ... cand. biol. sciences. Tbilisi, 1972. 28 p. (In Russian)

6. Ignatov A.N. Increasing the harmfulness of pathogens of bacteriosis of potato in Russia. URL: www.zizh.ru. [Electronic resource]. (In Russian)

7. Ignatov A.N., Egorova M.S., Khodykina M.V. The spread of bacterial and phytoplasmic plant diseases in Russia // Protection and quarantine of plants. 2015. № 5. P. 6–9. (In Russian)

8. Ignatov A.N., Lazarev A.M., Panycheva Yu.S. [et al.]. Bacterial pathogens of potato of the genus *Dickeya* abroad and in the Russian Federation: systematics and etiology of diseases // Agricultural Biology. 2018a. Vol. 53. № 1. P. 123–131. doi: 0.15389/agrobiol.2018.1.123rus. (In Russian)

9. Ignatov A.N., Panycheva Yu.S., Voronina M.V., Dzhailov F.S. Bacteriosis of potatoes in the Russian Federation // Potatoes and vegetables. 2018b. № 1. P. 3–8. (In Russian)

10. Kapustin M.N. Bacterial (wet) potato rot and measures of control with it: abstract of dis. ... cand. biol. sciences. M., 1968. 20 p. (In Russian)

11. Karandashov V. *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis* is the main bacterial pathogen of potatoes in the fall of 2017. URL: <http://www.welikepotato.ru/assets/files/present/123456/pectobacterium-carotovorum-subsp.-brasiliensis.pdf>. [Electronic resource] (In Russian)

12. Karlov A.N., Zotov V.S., Pekhtereva E.Sh. [et al.]. *Dickeya dianthicola* a new potato bacterial pathogen for Russia // IZVESTIYA TSKHA. 2010. № 3. P. 134–141. (In Russian)

13. Karlov A.N., Ignatov A.N., Karlov G.I. [et al.]. Diagnosis of the bacterial pathogen of potato *Dickeya dianthicola* // IZVESTIYA TSKHA. 2011. № 3. P. 38–48. (In Russian)

14. Karlov A.N. Diagnosis of the black leg of potato caused by bacteria of the genus *Dickeya* and genetic polymorphism of pathogen strains: abstract of dis. ... cand. biol. sciences. M., 2011. 23 p. (In Russian)

15. Lazarev A.M. Biological features of the pathogen of the black leg of potatoes in the North-Western zone of the RSFSR and methods for its diagnosis: abstract of dis. ... cand. biol. sciences. L., 1985. 16 p. (In Russian)

16. Lazarev A.M. A new pathogen of bacteriosis of potato attacks the Russian fields // Protection and quarantine of plants. 2013. № 6. P. 11–15. (In Russian)

17. Lazarev A.M., Ignatov A.N., Karlov A.N. [et al.]. Bacteria *Pectobacterium* spp. and *Dickeya* spp. pathogens of the black leg of potatoes // Materials of the International scientific-practical conference "Actual issues of agrarian science and scientific support of the agro-industrial complex" (April 16–17, 2014, the city of Velikie Luki). Great Luke, 2014. P. 68–72. (In Russian)

18. Panycheva Yu.S., Vasilyev D.M., Miroshnikov K.A., Ignatov A.N. Species diversity of pectolytic bacteria pathogens of potatoes and sugar beet in the Russian Federation and methods for their diagnosis // International Scientific and Practical Conference "Modern technologies and plant protection products a platform for innovative development in the Russian agro-industrial complex". Conference proceedings (October 8–12, 2018). SPb. Pushkin, 2018. P. 120–121. (In Russian)

19. Panycheva Yu.S., Voronina M.V., Gresis V.O., Ignatov A.N. Bacterial diseases of sugar beet in the Russian Federation: distribution and harmfulness // Sugar. 2017. № 1. P. 26–30. (In Russian)

20. Puipene I.K. "Black leg" of potatoes in Lithuania, the main features of the biology of its pathogen and measures of control with it: abstract of dis. ... cand. biol. sciences. Vilnius, 1964. 20 p. (In Russian)

21. Ragozina I.I. The exoenzymes of *Pectobacterium phytophthorum* (Appel) Waldee and their role in the pathogenesis of the black leg of potatoes: abstract of dis. ... cand. biol. sciences. M., 1970. 26 p. (In Russian)

22. Schneider Yu.I. Bacteriosis of potato caused by bacteria of the genera *Pectobacterium*, *Pseudomonas* and *Bacillus*: abstract of dis. ... dr. biol. sciences. M., 1972. 71 p.

23. Zaitsev I.A., Varitsev, Yu.A., Lazarev [et al.]. Monitoring of hidden (latent) forms of spread of pathogens of black leg and ring rot of potatoes in the Russian Federation // Collection of scientific papers on the results of the international scientific-practical conference. Agricultural sciences: scientific priorities of scientists (November 25, 2016). Perm, 2016. P. 38–55. (In Russian)

ОБ АВТОРЕ:

Лазарев А.М., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

ABOUT THE AUTHOR:

Lazarev A.M., PhD in Biology, Senior Researcher