

Таксономические особенности и биоразнообразие грибов рода *Cronartium*

И.П. ДУДЧЕНКО, старший научный сотрудник научно-методического отдела микологии и гельминтологии ФГБУ «ВНИИКР»
Г.Н. ДУДЧЕНКО, научный сотрудник научно-редакционного отдела ФГБУ «ВНИИКР»
О.В. СКРИПКА, к.б.н., ведущий научный сотрудник научно-методического отдела микологии и гельминтологии ФГБУ «ВНИИКР»
М.Б. КОПИНА, к.с.-х.н., старший научный сотрудник – начальник научно-методического отдела микологии и гельминтологии ФГБУ «ВНИИКР»
А.Г. ЩУКОВСКАЯ, к.б.н., старший научный сотрудник отдела лесного карантина ФГБУ «ВНИИКР»

Аннотация. В статье приводится информация о некоторых видах галлообразующих ржавчин рода *Cronartium*. Рассмотрены их симптоматика, биологические особенности, распространение и экономическое значение. Особое внимание уделено вопросам таксономии и диагностики североамериканских галлообразующих ржавчин.
Ключевые слова. Галлообразующие ржавчины, таксономия, *Cronartium* spp., *Cronartium ribicola*, *Cronartium orientale*, североамериканские сосновые ржавчины, *Cronartium harknessii*, *Cronartium quercuum*, *Cronartium fusiforme*.



Ржавчинные грибы – широко известные растительные патогены, вызывающие на травянистых и древесных растениях разнообразные симптомы поражения. Чаще всего это пятнистости на листьях или других органах растений, на которых впоследствии образуются ярко-оранжевые, желтые пустулы – спороношения гриба, похожие на ржавчину. Также могут развиваться и более глубокие инфекции растительных тканей, например паренхимы коры. Такая инфекция приводит к гипертрофии и гиперплазии тканей вследствие разрастания и увеличения объ-

Taxonomic features and biodiversity of fungi of *Cronartium* genus

I.P. DUDCHENKO, Senior Researcher of the Research and Methodology Department for Mycology and Helminthology of FGBU “VNIIKR”
G.N. DUDCHENKO, Researcher of the Scientific and Editorial Department of FGBU “VNIIKR”
O.V. SKRIPKA, PhD in Biology, Leading Researcher of the Research and Methodology Department for Mycology and Helminthology of FGBU “VNIIKR”
M.B. KOPINA, PhD in Agriculture, Senior Researcher, Head of the Research and Methodology Department for Mycology and Helminthology of FGBU “VNIIKR”
A.G. SHCHUKOVSKAYA, PhD in Biology, Senior Researcher of the Forest Quarantine Department of FGBU “VNIIKR”

Abstract. The article provides information on some species of *Cronartium* genus gall rusts. Their symptoms, biological features, distribution and economic importance are considered. Particular attention is paid to taxonomy and diagnosis of North American gall rusts.
Keywords. Gall rusts, taxonomy, *Cronartium* spp., *Cronartium ribicola*, *Cronartium orientale*, North American rusts of pine, *Cronartium harknessii*, *Cronartium quercuum*, *Cronartium fusiforme*.

Rust fungi are well-known plant pathogens that cause a variety of symptoms damaging herbaceous and woody plants. Usually, these are spots on leaves or other parts of plant, on which bright orange, yellow pustules appear subsequently – sporulation of the fungus looking like rust. Deeper infections of plant tissues, such as cortical parenchyma, may also develop. Such an infection

ема составляющих их клеток. В результате на ветвях и стволах образуются галлы, пузыревидные или мешковидные вздутия, на поверхности которых закладываются эции. Такие симптомы вызывают галлообразующие ржавчины рода *Cronartium*.
Представители этого рода, имея высокий уровень патологической специализации, весьма вредоносны, широко распространены и причиняют значительный ущерб лесному и декоративному хозяйствам, особенно в странах Северной Америки и Карибского бассейна. Более всего страдают от галлообразующих ржавчин различные виды сосен. В силу биологических особенностей борьба с возбудителями этих заболеваний сложна, трудоемка и зачастую не приносит никакого результата. Все это способствует проявлению к ним значительного интереса со стороны специалистов и общественности. Кроме экономического значения, ржавчинники рода *Cronartium* представляют большой научный интерес, связанный с их плеоморфизмом, циклами развития и физиологической специализацией.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
Во время жизненного цикла ржавчинники могут формировать до шести морфологически и функционально различных стадий спороношения, наследственно закрепленных и постоянных для каждого вида. При этом на разных стадиях развития основные растения-хозяева меняются на промежуточные, полностью изменяется внешний вид грибов и симптоматика проявления. Так что, если не знать генетической связи между ними, то можно принять их за совершенно разные организмы. В связи с данной особенностью ржавчинных грибов их идентификация очень затрудняется. Она усугубляется также отсутствием единообразия в терминах, что нередко приводит к путанице и ошибкам в номенклатуре и таксономии в целом.

Жизненный цикл представителей рода *Cronartium* в зависимости от типа производимых спор может отличаться, но в своем полном выражении представляет следующую картину. Весной и в начале лета через год или несколько лет после заражения на галлах *Pinus* spp. образуются спермагонии и эции [10]. Эциоспоры разносятся потоками ветра и, при наличии достаточной влаги, заражают промежуточных, так называемых телиальных хозяев, проникая через устьица на нижней стороне листьев. Имея толстые стенки, эциоспоры могут сохранять жизнеспособность в течение длительного времени. Спустя примерно 1-3 недели после заражения на листьях промежуточных хозяев появляются ярко-оранжевые урединии с урединиоспорами [10, 21]. Урединии непрерывно продуцируют урединиоспоры, реинфицируя телиальных хозяев, таким образом накапливая инфекционный потенциал в течение всего лета и до поздней осени [10]. Урединиоспоры также могут переноситься ветром на большие расстояния. Волосоподобные телии образуются в конце лета, иногда вместе с урединиями, на нижней стороне листьев. Телиоспоры прорастают на этом же месте, образуя базидиоспоры [21]. Базидиоспоры чувствительны к высыханию и солнечному свету, поэтому они выделяются в основном в ночное время суток [21]. Зона заражения базидиоспорами обычно ограничена областью в пределах 1,5 км [10, 24]. Летом и осенью передающиеся по ветру базидиоспоры, в зависимости от вида *Cronartium*,

leads to tissue hypertrophy and hyperplasia due to the proliferation and increase in the volume of cells. As a result, galls, vesicular or bag-like swellings appear on branches and trunks and aecidia are formed on their surface. Such symptoms are caused by *Cronartium* genus gall rusts.
Species of this genus are highly specialized pathogens, being harmful and widespread they cause significant damage to forestry and ornamental farms, especially in North America and the Caribbean. Pine species suffer most from gall rusts. Due to biological characteristics, the control of the causative agents of these diseases is complex, time-consuming and often does not bring any result. All this attracts significant interest of specialists and public. In addition to economic importance, rusts of *Cronartium* genus are of great scientific interest because of their pleomorphism, development cycles, and physiological specialization.

BIOLOGICAL FEATURES
During the life cycle, rust fungi can form up to six morphologically and functionally different stages of sporulation, hereditary and constant for each species. At the same time, at different development stages the main host plants change to intermediate, the appearance and symptoms of the fungi completely change. So without knowing the genetic connection between them, they can be taken for completely different organisms. This feature of rust fungi makes their identification very complicated. It is also compounded by lack of uniformity in terminology, which often leads to confusion and errors in the nomenclature and taxonomy.
The life cycle of species of *Cronartium* genus may differ depending on the type of spores produced, but generally the cycle is following. In spring and early summer, a year or several years after infection in the galls on *Pinus* spp. spermogonia and aecidia are formed [10]. Aeciospores are transferred by wind and, if sufficient moisture is present, infect intermediate so-called telial hosts, penetrating through stomata on the underside of the leaves. Having thick walls, aeciospores can remain viable for a long time.

Approximately 1-3 weeks after infection, bright orange uredinia with urediniospores appear on the leaves of intermediate hosts [10, 21]. Uredinia continuously produce urediniospores, reinfesting the telial hosts, thus accumulating infectious potential throughout the summer and until late autumn [10]. Urediniospores can also be transferred by wind over long distances. Hair-shaped telia are produced on the underside of leaves at the end of summer, sometimes together with uredinia. Teliospores germinate in the same place, forming basidiospores [21]. Basidiospores are sensitive to drying out and sunlight; therefore, they are forming mainly at night time [21]. Area of basidiospores infection is usually limited to an area within 1.5 km [10, 24]. In summer and autumn, basidiospores transmitted with wind, depending on the species of *Cronartium*, infect needles, young cones or juicy shoots of the primary hosts of *Pinus* spp. [10, 21]. The time between infection and the formation of spermogonia varies from several weeks to two or more years, depending on the species of *Cronartium* and external conditions [21].

заражают хвою, молодые шишки или сочные побеги первичных хозяев *Pinus* spp. [10, 21]. Продолжительность между инфицированием и формированием сперматогониев варьирует от нескольких недель до двух и более лет, в зависимости от вида *Cronartium* и внешних условий [21]. Большая часть *Cronartium* spp., являясь многолетними паразитами, после заражения проникают в более глубокие ткани сосны и вырастают в слои заболони [21]. Через 4-6 месяцев после инфицирования на молодых побегах текущего года начинают образовываться галлы, которые могут сохраняться на протяжении десятилетий.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ТАКСОНОМИИ

Cronartium – это род грибов семейства Cronartiaceae, насчитывающий порядка 40 видов, количество которых постоянно меняется из-за продолжающихся таксономических пересмотров. Многие описанные ранее виды этого рода были реклассифицированы как принадлежащие к другим родам либо были объединены с описанными в настоящее время видами.



Рис. 1. Поражения, вызванные *C. coleosporioides* (<https://www.invasive.org>, фото: USDA Forest Service; <https://www.invasive.org>, фото: Thomas Beard)

Fig. 1. Damage caused by *C. coleosporioides* (<https://www.invasive.org>, photo by: USDA Forest Service; <https://www.invasive.org>, photo by: Thomas Beard)

Most of *Cronartium* spp., being perennial parasites penetrate into deeper pine tissues after infection and grow into sapwood layers [21]. Galls start forming on the young shoots of the current year 4 to 6 months after infection and they can persist for decades.

COMMENTS ON TAXONOMY

Cronartium is a genus of fungi of Cronartiaceae family, including about 40 species, which number is constantly changing due to ongoing taxonomic revisions. Many previously described species of this genus were reclassified as belonging to other genera or were combined with the currently described species. Conversely, species from other genera, in accordance with the International Code of Nomenclature for Algae, Fungi, and Plants [12, 19], were transferred to the genus *Cronartium*. For example, *Endocronartium harknessii* known for its pathogenicity, was transferred from genus *Endocronartium* to genus *Cronartium* and renamed to *Cronartium harknessii* [4].

The EFSA report on the categorization of *Cronartium* species (2018) states the presence of three representatives of this genus in Europe: *Cronartium gentianaeum*, *Cronartium pini* and *Cronartium ribicola*. Moreover, *C. gentianaeum*, *C. pini* are native to the European region, and *C. ribicola* gradually expanded its range from Siberia to the whole Eurasia [9]. In the middle of the XIX century *C. ribicola* was introduced to Europe and started to infect introduced *P. strobus* L., and from there with seedlings of the same pine entered North America, where it is now a real curse for many species of five-needle pines and currants. Most authors, arguing about the danger of introduction of non-native species of *Cronartium* spp. to new territories refer precisely to the destructive effect of *C. ribicola* on the American continent.

C. pini is widespread in Europe and has many synonyms consisting of the previously described individual species, such as *C. flaccidum* [23]. It is believed that six more species are conspecific to *C. flaccidum* [12], which in its turn is considered conspecific to *C. pini* [23]. In Russian literature, names of such species as *Endocronartium pini* and *Peridermium pini* are often found, that are now considered synonyms of *C. pini* [23].

In Russia, according to Z.M. Azbukina [2], three macrocyclic metoxenous species were found – Eurasian *C. pini* = *C. flaccidum*, Eurasian-North American *C. ribicola*, East Asian *C. orientale* and one endocyclic (pine-to-pine) – North-East Asian *C. kurilense*. The presence of another endocyclic species, *C. sahoanum*, in the Northern Kuril Islands is also reported [9], but this information should be confirmed.

According to EPPO data for 2019 *Cronartium quercuum* (Berk.) is present in the Russian Far East, but, as indicated above, according to the results of studies by Azbukina and other authors, this fact is not confirmed. For a long time, this causative agent was not found in Russia among various rust fungi [1, 2]. The studies were carried out together with Japanese mycologists, who for many years have been fruitfully studying rust fungi in East Asia. It should be mentioned that the Japanese uredinologists (uredinology – a section of mycology that studies rust fungi of the order Uredinales) made the greatest contribution to the recent taxonomy of rust fungi [2].



Рис. 2. Поражения, вызванные *C. harknessii* (фото: Andrew Khitsun, Tod Ramsfield, <https://gd.eppo.int>)

Fig. 2. Damage caused by *C. harknessii* (photo by: Andrew Khitsun, Tod Ramsfield, <https://gd.eppo.int>)



Рис. 3. Галлы с эциями (слева) и веретенообразное разрастание ветвей сосны (справа) (<https://www.invasive.org>, фото: Elizabeth Bush; <https://www.invasive.org>, фото: Robert L. Anderson)

Fig. 3. Galls with aecidia (left) and fusiform growth of pine branches (right) (<https://www.invasive.org>, photo by: Elizabeth Bush; <https://www.invasive.org>, photo by: Robert L. Anderson)

И наоборот, виды из других родов в соответствии с Международным кодексом номенклатуры водорослей, грибов и растений [12, 19] были переведены в род *Cronartium*. Например, известный своей патогенностью вид *Endocronartium harknessii* переведен из рода *Endocronartium* в род *Cronartium* и переименован в *Cronartium harknessii* [4].

В докладе EFSA о категоризации видов *Cronartium* (2018) сообщается о наличии в Европе трех представителей этого рода: *Cronartium gentianeum*, *Cronartium pini* и *Cronartium ribicola*. Причем *C. gentianeum*, *C. pini* являются нативными для европейского региона, а *C. ribicola* из Сибири постепенно расширил свой ареал, заняв всю Евразию [9]. В середине XIX в. *C. ribicola* был завезен в Европу и стал поражать интродуцированный *P. strobus* L., а оттуда с сеянцами этой же сосны проник в Северную Америку, где в настоящее время является настоящим бичом для многих видов пятихвойных сосен и смородины. Большинство авторов, рассуждая об опасности проникновения неаборигенных видов *Cronartium* spp. на новые территории, ссылаются именно на факт разрушительного воздействия *C. ribicola* на Американском континенте.

Вид *C. pini* распространен в Европе и имеет много синонимов, состоящих из ранее описанных отдельных видов, как, например, *C. flaccidum* [23]. Предполагается, что еще шесть видов являются конспецифичными по отношению к *C. flaccidum* [12], который, в свою очередь, считается конспецифичным по отношению к *C. pini* [23]. В российской литературе часто встречаются названия таких видов, как *Endocronartium pini* и *Peridermium pini*, которые теперь считаются синонимами по отношению к *C. pini* [23].

В России, по данным З.М. Азбукиной [2], обнаружено три макроциклических разнохозяйных вида – евразийский *C. pini* = *C. flaccidum*, евразийско-североамериканский *C. ribicola*, восточноазиатский *C. orientale* и один эндоциклический (pine-to-pine – от

For some time, it was believed that the causative agent of eastern gall rust of pine in Asia and North America is the same species – *Cronartium quercuum* (Berk.) Miyabe ex Shirai. However, questions have repeatedly arisen regarding the taxonomic scope of this species. S. Ito suggested back in 1939 that the Asian form of pine rust of oak differs from the American one [16], but he did not provide convincing evidence. Other researchers even believed that *C. quercuum* is an exclusively American species and has no distribution outside this continent [14].

In order to clarify the questions regarding the taxonomic scope and distribution of *C. quercuum*, Japanese uredinologist S. Kaneko carried out morphological, biological, molecular genetic studies of two geographical bioforms using Asian (including Far Eastern) and American collections. The results showed significant differences in features between Asian and North American forms [17], which enabled the description of the Asian form of pine-oak rust as a new species – *C. orientale* S. Kaneko. It is *C. orientale* S. Kaneko and not *C. quercuum* (Berk.) which is present in the Far East of Russia. Field studies have shown that most North American pine species are resistant to *C. orientale*. It was also noted that *Pinus montana* Mill. and *P. sylvestris* L. are susceptible to the pathogen, which poses a potential risk to these species of pine introduced to Asia [18, 20].

Aside from that there is still no final answer to the question of conspecificity between *C. quercuum* and fusiform rust of pine *C. fusiforme* Hed. & Hunt. ex Cum. The connections between these species are very close due to the fact that they have almost the same morphological characters, comparable life cycles, and can affect one range of host plants [5, 6, 7, 8]. Some differences are observed in diagnostic features and pathological

сосны к сосне) – северо-восточноазиатский *C. kurilense*. Сообщается также о присутствии еще одного эндоциклического вида, *C. sahoanum*, на Северных Курилах [9], но эта информация нуждается в подтверждении.

По данным ЕОКЗР за 2019 год, на Дальнем Востоке России присутствует вид *Cronartium quercuum* (Berk.), но, как указывалось выше, по результатам исследований Азбукиной и других авторов, этот факт не подтверждается. В течение продолжительного времени среди различных ржавчинников этот возбудитель в России так и не был обнаружен [1, 2]. Исследования проводились совместно с японскими микологами, которые уже много лет плодотворно изучают ржавчинные грибы Восточной Азии. И надо сказать, что именно японские урединологи (урединология – раздел микологии, изучающий ржавчинные грибы порядка Uredinales) внесли наибольший вклад в таксономию и систематику ржавчинных грибов последнего времени [2].

До некоторых пор считалось, что возбудителем рожковидной ржавчины буковых в Азии и Северной Америке является один и тот же вид – *Cronartium quercuum* (Berk.) Miyabe ex Shirai. Однако неоднократно по таксономическому объему данного вида возникали вопросы. Так, С. Ито еще в 1939 году предположил, что азиатская форма дубово-сосновой ржавчины отличается от американской [16], но убедительных доказательств в пользу этого не привел. Другие исследователи вообще считали, что *C. quercuum* является исключительно американским видом и не имеет распространения за пределами данного материка [14].

В целях выяснения возникших вопросов по таксономическому объему и распространению *C. quercuum* японским урединологом С. Канеко были

specialization. Thus, the galls of *C. fusiforme*, unlike the galls of *C. quercuum*, are more elongated, spindle-shaped, while *C. fusiforme* from the entire range of host plants prefers *Pinus taeda* and *P. elliotii*, which limits the distribution area of the pathogen. Therefore, *C. fusiforme* can be found in the sources as a species, conspecific to *C. quercuum*, but having the status of an intraspecific form and being quite authentic as a species [13, 11]. From a quarantine point of view, this fact is not of particular importance, since both species have a quarantine status, but the consideration of *C. fusiforme* as an intraspecific form of *C. quercuum* would simplify the identification procedure, since due to the genetic proximity of these species PCR method for the diagnosis of *C. fusiforme* is still not developed.

Describing *Cronartium quercuum* (Berk.) as a quarantine object for the Russian Federation, the Russian name for the disease caused by this biotroph is “rozhkovidnaja rzhavchina bukovyh” (eastern gall rust of pine). However, this name was cited by the authors of the USSR Rust fungus key for *Cronartium quercus* (Brondt.) Arth. [3] – a taxon that is synonymous with *C. quercuum* (Berk.) and which was thought to be common in the Far East of the USSR. But for the reasons described above, there is no *C. quercuum* in the Far East, but *C. orientale*. And, therefore, in our opinion, the Russian name of the disease may be used for this pathogen, and not for *C. quercuum*. Although the Russian name for *C. orientale* has not yet been designated.

DISTRIBUTION AND RISK OF INTRODUCTION

Due to the increasing volumes of international trade in plant products and timber, there is a real risk of the introduction of absent species of *Cronartium* into the territory of the Russian Federation, which pose a certain danger



Рис. 4. Раковые раны, приводящие к ломкости стволов пораженных деревьев (<https://www.invasive.org>, фото: USDA Forest Service; <https://www.invasive.org>, фото: E.G. Kuhlman)

Fig. 4. Cankers leading to trunk brashness of the affected trees (<https://www.invasive.org>, photo by: USDA Forest Service; <https://www.invasive.org>, photo by: E.G. Kuhlman)



Рис. 5. Симптомы *C. quercuum* на стволе сосны (<https://www.invasive.org>, фото: Robert L. Anderson; <https://www.invasive.org>, фото: Rebekah D. Wallace; <https://www.marylandbiodiversity.com/viewSpecies.php?species=14677>)

Рис. 5. *C. quercuum* symptoms on pine (<https://www.invasive.org>, photo by: Robert L. Anderson; <https://www.invasive.org>, photo by: Rebekah D. Wallace; <https://www.marylandbiodiversity.com/viewSpecies.php?species=14677>)



Рис. 6. Поражения, вызванные *C. fusiforme* (<https://ag.purdue.edu>, фото: Amy M. Deitrich; <https://www.flickr.com>, фото: William Tanneberger; <https://www.flickr.com>, фото: Alan Cressler)

Рис. 6. Damage caused by *C. fusiforme* (<https://ag.purdue.edu>, photo by: Amy M. Deitrich; <https://www.flickr.com>, photo by: William Tanneberger; <https://www.flickr.com>, photo by: Alan Cressler)

проведены морфологические, биологические, молекулярно-генетические исследования двух географических биоформ с использованием азиатских (в том числе дальневосточных) и американских коллекций. Результаты исследований показали существенные различия признаков азиатской формы от северо-американской [17], что позволило описать азиатскую форму сосново-дубовой ржавчины как новый вид – *C. orientale* S. Kaneko. И именно этот вид, *C. orientale* S. Kaneko, а не *C. quercuum* (Berk.), присутствует у нас в России на Дальнем Востоке. Полевые исследования показали, что большинство североамериканских видов сосен устойчивы к *C. orientale*. Также отмечалось, что *Pinus montana* Mill. и *P. sylvestris* L. восприимчивы к возбудителю, что представляет потенциальную опасность для интродуцированных в Азию этих видов сосен [18, 20].

Также до сих пор нет окончательного ответа на вопрос о конспецифичности между *C. quercuum* и возбудителем веретенообразной ржавчины сосны *C. fusiforme* Hed. & Hunt. ex Cum. Отношения между этими видами принимаются как очень близкие в силу того, что они обладают практически одинаковыми морфологическими признаками, имеют сопоставимые жизненные циклы и могут поражать один круг растений-хозяев [5, 6, 7, 8]. Некоторые различия наблюдаются в диагностических признаках

to our fauna. To assess the distribution range including almost all the natural areas of the Northern Hemisphere, and the diversity of representatives of this genus, the table below lists the majority of *Cronartium* species, their habitats and the range of host plants.

The most dangerous for the Russian Federation due to its pathogenic specialization, biological characteristics and harmfulness are North American rusts, such as *Cronartium coleosporioides*, *Cronartium comandrae*, *Cronartium harknessii*, *Cronartium quercuum*, as well as all the intraspecific forms.

NORTH AMERICAN RUSTS

C. coleosporioides and *C. comandrae* are holomorphic rusts and belong to the symptomatic group of the so-called blister rusts (which includes *C. ribicola*), causing cankers on the stems, which is not observed in gall and limb rusts.

Necrosis and cankers caused by these pathogens can be associated with a secondary infection, for example, *Atropellis piniphila*. Infection occurs through young needles. As it spreads from the site of infection, the pathogen causes death of branches, and then of the entire tree.

и патологической специализации. Так, галлы *C. fusiforme*, в отличие от галлов *C. quercuum*, более вытянутые, имеют форму веретена, при этом *C. fusiforme* из всего круга растений-хозяев предпочитает *Pinus taeda* и *P. elliotii*, что ограничивает ареал распространения возбудителя. Поэтому в источниках *C. fusiforme* можно встретить как вид, конспецифичный по отношению к *C. quercuum*, но имеющий статус внутривидовой формы, и как вид вполне аутентичный [11, 13]. С карантинной точки зрения этот факт не имеет особого значения, так как оба вида имеют карантинный статус, но рассмотрение *C. fusiforme* как внутривидовой формы *C. quercuum* позволило бы упростить процедуру идентификации, поскольку в силу генетической близости этих видов метод ПЦР для диагностики *C. fusiforme* до сих пор не разработан.

При описании *Cronartium quercuum* (Berk.) как карантинного объекта для Российской Федерации приводится русское название заболевания, вызываемого этим биотрофом, – рожковидная ржавчина буковых. Однако это название заболевания приводилось авторами Определителя ржавчинных грибов СССР для *Cronartium quercus* (Brondt.) Arth. [3] – таксона, который является синонимом для *C. quercuum* (Berk.), и который, как считалось, распространен на Дальнем Востоке СССР. Но по причинам, описанным выше, на Дальнем Востоке *C. quercuum* нет, а есть *C. orientale*. И, следовательно, по нашему мнению, русское название заболевания может быть именно у этого возбудителя, а не у *C. quercuum*. Хотя русское название для *C. orientale* пока никак не обозначено.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ОПАСНОСТЬ ПРОНИКНОВЕНИЯ

В связи с постоянно увеличивающимися объемами международной торговли растительной продукцией и лесоматериалами существует реальная угроза завоза на территорию Российской Федерации отсутствующих видов рода *Cronartium*, представляющих определенную опасность для нашей фауны. Чтобы оценить охват распространения, который включает в себя практически все природные зоны Северного полушария, и разнообразие представителей этого рода, ниже приводится таблица с перечнем большинства видов *Cronartium* мест их обитания и кругом растений-хозяев.

Наиболее опасными для Российской Федерации в силу своей патологической специализации, биологических особенностей и вредоносности являются североамериканские ржавчины, такие как *Cronartium coleosporioides*, *Cronartium comandrae*, *Cronartium harknessii*, *Cronartium quercuum*, со всеми внутривидовыми формами.

СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИЕ СОСНОВЫЕ РЖАВЧИНЫ

C. coleosporioides и *C. comandrae* являются голоморфными ржавчинами и входят в симптоматическую группу так называемых blisterных стеблевых ржавчин (куда входит и *C. ribicola*), вызывающих язвенные поражения на стеблях, чего не наблюдается у галловых и лимбовых ржавчин.

Некрозы и язвы от этих возбудителей могут быть связаны и со вторичной инфекцией, например, *Atropellis piniphila*. Заражение происходит через молодую хвою. По мере распространения от места заражения возбудитель убивает ветви, а затем и все

Infected seedlings die within 2-3 years. The pathogens are of quarantine importance for EPPO and are included in A1 list. The spread of holomorphic rusts is directly related to the presence of intermediate host plants. And if representatives of the genus *Castilleja* growing in north-western Russia and Ural can serve as such for *C. coleosporioides*, then for *C. comandrae* intermediate host plants can only be found on the Balkan Peninsula.

Cronartium harknessii – monocyclic gall rust, causing western gall rust of pine. Unlike other rusts, no intermediate hosts are needed for this disease since infection occurs directly pine-to-pine. In the shortened life cycle of *C. harknessii*, so-called aecidial teliospores are formed, i.e. spores similar to aecidiospores, but germinating and functioning as teliospores. They are transferred by the wind and secondary infect young shoots of pine trees. Uredinia with urediniospores are not formed at all. This feature enhances the infectious potential of this disease and in the areas of distribution, western gall rust is considered one of the most destructive diseases for susceptible pines.

The pathogen is native to North America and it is spread from Alaska to Mexico along the Pacific coast and from Nova Scotia in Canada to the state of New York in the USA and in the East. *C. harknessii* forms well-defined spherical or oblong galls on the branches and stems of host plants. Small galls can encircle branches, which leads to their death within a few years (Fig. 2). The harmfulness of *C. harknessii* is first of all contingent on the reduced merchantability of wood of the affected trees.

Every spring on galls, pale yellow aecidia 1-8 mm in diameter appear containing spore powder that infects new plants.



Рис. 7. Галл *C. orientale* в эцидиальной стадии (<https://fr.dreamstime.com/gall-rust-cronartium-quercuum-oriental-l-écorchure-sphérique-rouille-orientale-d-souvent-appelé-pin-chêne-branche-image143665587>)

Рис. 7. *C. orientale* gall, aecidial stage (<https://fr.dreamstime.com/gall-rust-cronartium-quercuum-oriental-l-écorchure-sphérique-rouille-orientale-d-souvent-appelé-pin-chêne-branche-image143665587>)



Рис. 8. Поражения, вызванные *C. ribicola* (<https://en.wikipedia.org>, фото: Marek Argent; <https://afsq.org>, фото: Ressources naturelles Canada; <https://www.flickr.com>, фото: Richard Sniezko)

Fig. 8. Damage caused by *C. ribicola* (<https://en.wikipedia.org>, photo by: Marek Argent; <https://afsq.org>, photo by: Ressources naturelles Canada; <https://www.flickr.com>, photo by: Richard Sniezko)

дерево. Зараженные саженцы погибают в течение 2-3 лет. Для ЕОКЗР возбудители имеют карантинный статус и входят в список A1. Распространение голоморфных ржавчин напрямую связано с наличием промежуточных растений-хозяев. И если в качестве таковых для *C. coleosporioides* могут выступать представители рода *Castilleja*, произрастающие на северо-западе России и на Урале, то для *C. comandrae* промежуточные растения-хозяева могут найтись только на Балканском полуострове.

Cronartium harknessii – моноциклическая галловая ржавчина, вызывающая западную галлоподобную ржавчину сосны. В отличие от других ржавчин для этого заболевания не нужны промежуточные хозяева, так как заражение происходит непосредственно от сосны к сосне. В сокращенном жизненном цикле *C. harknessii* образуются так называемые эцидиальные телиоспоры, т.е. споры, похожие на эциоспоры, но прорастающие и функционирующие как телиоспоры. Они переносятся ветром и повторно заражают молодые побеги сосен. Урединии с урединиоспорами при этом не образуются вовсе. Эта особенность усиливает инфекционный потенциал заболевания и в районах распространения западная галлоподобная ржавчина считается одним из самых разрушительных заболеваний для восприимчивых к нему сосен.

Родиной возбудителя является Северная Америка, и его распространение охватило по Тихоокеанскому побережью территорию от Аляски до Мексики, а на востоке от Новой Шотландии в Канаде до штата Нью-Йорк в США. *C. harknessii* образует хорошо разграниченные сферические или продолговатые древесные галлы на ветвях и стеблях растений-хозяев. Небольшие галлы могут опоясывать ветви, что приводит к их гибели в течение нескольких лет (рис. 2). Вредоносность *C. harknessii* заключается в первую очередь в ухудшении товарных качеств древесины поражаемых деревьев.

Ежегодно каждую весну на галлах происходит образование бледно-желтых эциев диаметром 1-8 мм, содержащих порошкообразные споры, которые заражают новые растения.

В ходе международной торговли патоген может распространяться с зараженным посадочным

During international trade, the pathogen can spread with infected planting material, cut branches, and unbarked pine wood susceptible to this disease. The causative agent *C. harknessii* is included in the A1 lists of plant protection organizations including EAEU Uniform list of quarantine objects. In Europe, pine species such as *P. halepensis*, *P. mugo*, and *P. nigra* are considered susceptible to the pathogen. In case of introduction and establishment, the pathogen can cause serious impact on coniferous forests and plantations leading to significant economic and social consequences.

Cronartium quercuum (Fig. 5) and *Cronartium fusiforme* (Fig. 6) discussed above should also be noted as especially harmful. These macrocyclic, heterozygous rusts are genetically very close to each other and can affect both pine seedlings and mature trees. The galls caused by these pathogens, encircling trunks and stems of plants cause the greatest damage to the genus *Pinus* (Fig. 3, 4). At the same time, damage caused by uredinal and telial stages on intermediate hosts of the genus *Quercus* is insignificant [22].

DIAGNOSTICS

Pine rusts can be divided into three large groups based on their symptoms. Gall rusts are stem rusts that cause galls on trunks and branches and normally do not cause cankers. They include *C. harknessii*, *C. quercuum*, *C. orientale* and others. Blister rusts are stem rusts causing cankers. *Cronartium ribicola* is a typical representative of this group. The third group – limb rusts causing infections, leading to the death of branches, but not causing cankers. These are, for example, the *C. arizonicum*, *Peridermium filamentosum*, *P. stalactiforme* [21].

Galls as a symptom are clearly visible on the tree. Despite the fact that galls are not significant diagnostic feature they differ depending on the species. So, in the aecidial stage galls of *C. quercuum* are “brain” shape (Fig. 5), while galls of *Endocronartium harknessii* look like bright yellow-orange balls. In spring, during the aecidial stage, pine plantations infected with *C. harknessii*

Виды р. *Cronartium* spp. , их эцидиальные и телиальные растения-хозяева и районы распространения

Виды <i>Cronartium</i>	Эцидиальные растения-хозяева	Урединиальные и телиальные растения-хозяева	Распространение
<i>Cronartium coleosporioides</i>	Основные: <i>Pinus banksiana</i> , <i>Pinus contorta</i> Промежуточные: <i>Pinus jeffreyi</i> , <i>Pinus ponderosa</i> , <i>Pinus sylvestris</i> и <i>Pinus nigra</i>	<i>Melampyrum lineare</i> и <i>Castilleja</i> spp., возможно, <i>Orthocarpus</i> , <i>Pedicularis</i> и <i>Rhinanthus</i> spp.	Канада, США
<i>Cronartium comandrae</i>	Основные: <i>Pinus banksiana</i> , <i>Pinus contorta</i> , <i>P. ponderosa</i> Промежуточные: <i>Pinus mugo</i> , <i>Pinus nigra</i> , <i>Pinus pinaster</i> , <i>Pinus sylvestris</i>	<i>Comandra livida</i> , <i>C. umbellata</i> , <i>C. richardsiana</i> , <i>Geocaulon lividum</i>	Канада, США
<i>Cronartium conigenum</i>	<i>Pinus</i> spp. (<i>P. chihuahuana</i> , <i>P. leiophylla</i> , <i>P. montezumae</i> , <i>P. oocarpa</i> , <i>P. pseudostrobus</i>)	<i>Quercus</i> spp. (<i>Q. arizonica</i> , <i>Q. dunnii</i> , <i>Q. emoryi</i> , <i>Q. grisea</i> , <i>Q. oblongifolia</i> , <i>Q. oocarpa</i> , <i>Q. peduncularis</i> , <i>Q. rugosa</i>)	Западная часть США, Мексики и Центральной Америки
<i>Cronartium kamschaticum</i>	Основные: <i>Pinus cembra</i> , <i>Pinus pumila</i> Промежуточные: <i>Pinus</i> spp., <i>Pinus strobus</i>	<i>Castilleja</i> spp. (<i>C. pallida</i>), <i>Pedicularis</i> spp. и <i>Ribes</i> spp.	Россия, Япония
<i>Cronartium ribicola</i>	<i>Pinus strobus</i> , <i>Pinus albicaulis</i> , <i>Pinus ayacahuite</i> , <i>Pinus flexilis</i> , <i>Pinus lambertiana</i> , <i>Pinus monticola</i> , <i>Pinus reflexa</i> , <i>Pinus strobiformis</i>	<i>Ribes</i> spp.	Канада, США, Европа и Азия повсеместно
<i>Cronartium fusiforme</i>	Основные: <i>P. elliotii</i> , <i>P. taeda</i> Промежуточные: <i>P. rigida</i> , <i>P. serotina</i>	<i>Quercus</i> spp. Основные: <i>Q. nigra</i> , <i>Q. phellos</i> , <i>Castanea dentata</i>	США
<i>Endocronartium harknessii</i>	<i>Pinus banksiana</i> , <i>Pinus contorta</i> , <i>Pinus ponderosa</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Pinus sensuata</i> , <i>Pinus muricata</i> , <i>Pinus radiata</i> , <i>Pinus halepensis</i> , <i>Pinus mugo</i> , <i>Pinus nigra</i>		Канада, США, Мексика
<i>Cronartium orientale</i>	<i>Pinus</i> spp. (включая <i>Pinus nigra</i> , <i>Pinus pinaster</i> , <i>Pinus sylvestris</i>)	<i>Castanea</i> , <i>Castanopsis</i> и <i>Quercus</i> spp. (включая <i>Q. rubra</i>)	Китай, Япония, Россия (Дальний Восток)
<i>Cronartium quercuum</i>	Основные: <i>Pinus banksiana</i> , <i>Pinus densiflora</i> , <i>Pinus echinata</i> , <i>Pinus thunbergii</i> , <i>Pinus virginiana</i> Промежуточные: <i>Pinus nigra</i> , <i>Pinus sylvestris</i>	<i>Quercus</i> spp. (<i>Q. acutissima</i> , <i>Q. rubra</i>), <i>Castanea</i> spp. (<i>C. dentata</i> , <i>C. pumila</i>) и <i>Castanopsis</i>	Канада, Белиз, Коста-Рика, Куба, Гайана, Гондурас, Мексика, Никарагуа, Панама, США, Китай, Индия, Корея, Филиппины, Тайвань
<i>Cronartium strobilinum</i>	<i>Pinus caribea</i> , <i>Pinus elliotii</i> , <i>Pinus palustris</i>	<i>Quercus</i> spp.	США, Грузия

Cronartium spp., their aecidial and telial host and areas of distribution

Cronartium spp.	Aecidial hosts	Uredinial and telial host	Distribution
<i>Cronartium coleosporioides</i>	Main: <i>Pinus banksiana</i> , <i>Pinus contorta</i> Intermediate: <i>Pinus jeffreyi</i> , <i>Pinus ponderosa</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , and <i>Pinus nigra</i>	<i>Melampyrum lineare</i> and <i>Castilleja</i> spp., prob., <i>Orthocarpus</i> , <i>Pedicularis</i> , and <i>Rhinanthus</i> spp.	Canada, USA
<i>Cronartium comandrae</i>	Main: <i>Pinus banksiana</i> , <i>Pinus contorta</i> , <i>P. ponderosa</i> Intermediate: <i>Pinus mugo</i> , <i>Pinus nigra</i> , <i>Pinus pinaster</i> , <i>Pinus sylvestris</i>	<i>Comandra livida</i> , <i>C. umbellata</i> , <i>C. richardsiana</i> , <i>Geocaulon lividum</i>	Canada, USA
<i>Cronartium conigenum</i>	<i>Pinus</i> spp. (<i>P. chihuahuana</i> , <i>P. leiophylla</i> , <i>P. montezumae</i> , <i>P. oocarpa</i> , <i>P. pseudostrobus</i>)	<i>Quercus</i> spp. (<i>Q. arizonica</i> , <i>Q. dunni</i> , <i>Q. emoryi</i> , <i>Q. grisea</i> , <i>Q. oblongifolia</i> , <i>Q. oocarpa</i> , <i>Q. peduncularis</i> , <i>Q. rugosa</i>)	Western part of the USA, Mexico, and Central America
<i>Cronartium kamtschaticum</i>	Main: <i>Pinus cembra</i> , <i>Pinus pumila</i> Intermediate: <i>Pinus</i> spp., <i>Pinus strobus</i>	<i>Castilleja</i> spp. (<i>C. pallida</i>), <i>Pedicularis</i> spp., and <i>Ribes</i> spp.	Russia, Japan
<i>Cronartium ribicola</i>	<i>Pinus strobus</i> , <i>Pinus albicaulis</i> , <i>Pinus ayacahuite</i> , <i>Pinus flexilis</i> , <i>Pinus lambertiana</i> , <i>Pinus monticola</i> , <i>Pinus reflexa</i> , <i>Pinus strobiformis</i>	<i>Ribes</i> spp.	Canada, USA, Europe and Asia widespread
<i>Cronartium fusiforme</i>	Main: <i>P. elliotii</i> , <i>P. taeda</i> Intermediate: <i>P. rigida</i> , <i>P. serotina</i>	<i>Quercus</i> spp. Main: <i>Q. nigra</i> , <i>Q. phellos</i> , <i>Castanea dentata</i>	USA
<i>Endocronartium harknessii</i>	<i>Pinus banksiana</i> , <i>Pinus contorta</i> , <i>Pinus ponderosa</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Pinus sensuata</i> , <i>Pinus muricata</i> , <i>Pinus radiata</i> , <i>Pinus halepensis</i> , <i>Pinus mugo</i> , <i>Pinus nigra</i>		Canada, USA, Mexico
<i>Cronartium orientale</i>	<i>Pinus</i> spp. (incl. <i>Pinus nigra</i> , <i>Pinus pinaster</i> , <i>Pinus sylvestris</i>)	<i>Castanea</i> , <i>Castanopsis</i> , and <i>Quercus</i> spp. (incl. <i>Q. rubra</i>)	China, Japan, Russia (Far East)
<i>Cronartium quercuum</i>	Main: <i>Pinus banksiana</i> , <i>Pinus densiflora</i> , <i>Pinus echinata</i> , <i>Pinus thunbergii</i> , <i>Pinus virginiana</i> Intermediate: <i>Pinus nigra</i> , <i>Pinus sylvestris</i>	<i>Quercus</i> spp. (<i>Q. acutissima</i> , <i>Q. rubra</i>), <i>Castanea</i> spp. (<i>C. dentata</i> , <i>C. pumila</i>), and <i>Castanopsis</i>	Canada, Belize, Costa Rica, Cuba, Guyana, Honduras, Mexico, Nicaragua, Panama, USA, China, India, Korea, Philippines, Taiwan
<i>Cronartium strobilinum</i>	<i>Pinus caribea</i> , <i>Pinus elliotii</i> , <i>Pinus palustris</i>	<i>Quercus</i> spp.	USA, Georgia



Рис. 9. Эцидиальная стадия *C. coleosporioides*
(<https://www.invasive.org>, фото: USDA Forest Service)



Fig. 9. Aecidial stage of *C. coleosporioides*
(<https://www.invasive.org>, photo by: USDA Forest Service)

материалом, срезанными ветвями и неокоренной древесиной сосен, подверженных этому заболеванию. Возбудитель *C. harknessii* входит в списки A1 организаций по карантину и защите растений, в том числе ЕПКО ЕАЭС. В Европе восприимчивыми к возбудителю считаются такие виды сосен, как *P. halepensis*, *P. mugo* и *P. nigra*. Возбудитель в случае проникновения и акклиматизации может оказать серьезное воздействие на хвойные леса и насаждения, что будет иметь значительные экономические и социальные последствия.

Также как особо опасные следует отметить виды *Cronartium quercuum* (рис. 5) и *Cronartium fusiforme* (рис. 6), о которых речь уже шла выше. Эти макроциклические, гетерозиготные и очень генетически близкие между собой ржавчины могут поражать и проростки сосен, и взрослые деревья. Наибольший ущерб представителям рода *Pinus* причиняют галлы, вызванные этими возбудителями, опоясывающие стволы и стебли растений (рис. 3, 4). При этом повреждения промежуточных растений – хозяев рода *Quercus*, где проходят уредияльная и телиальная стадии развития патогенов, являются весьма незначительными [22].

ДИАГНОСТИКА

Сосновые ржавчины по своим симптомам можно разделить на три большие группы. Галловые ржавчины – это ствольные ржавчины, вызывающие образование галлов на стволах и ветвях, при этом, как правило, язвы не образуются. К ним относятся *C. harknessii*, *C. quercuum*, *C. orientale* и др. Блистерные

resemble orange groves (Fig. 2). Galls of *C. ribicola* and *C. coleosporioides* are flattened, elongated, and have specific structure that distinguishes them from galls of *C. quercuum* and *C. harknessii*, especially in the aecidial stage (Fig. 8, 9).

Aecidial stage of rust fungi when they can be identified by aecidiospores, occurs in the spring and lasts several weeks. During the rest of the year galls of *C. quercuum*, *C. fusiforme*, *C. orientale* (Fig. 7), *C. harknessii*, etc., having a pronounced globular shape, are sometimes indistinguishable from each other. In such case, it should be kept in mind that rust fungi are highly specialized parasites and are quite strongly connected to their host plants. So, if a gall is found on a pine tree from the west coast of the USA, then with a high degree of probability we can expect that it is *E. harknessii*, and if from the east coast, then *C. quercuum*. Moreover, knowing pine species on which the gall is found, the place of its growth and the possible range of intermediate hosts in this area, a preliminary diagnosis can be made using the scheme proposed by Y. Hiratsuka (Fig. 10).

It is as follows. If gall is found on a pine tree, knowing the species of pine, it is possible to determine the subgenus to which it belongs: *Haploxylon* the so-called “white pines” or *Diploxylon* the so-called “yellow or hard pines”. After that the range of pathogens affecting this subgenus can be determined as well as the range of

(пузырчатые) ржавчины – стеблевые ржавчины, которые вызывают язвенные поражения. Характерным представителем этой группы является *Cronartium ribicola*. И третья группа – лимбовые ржавчины – ржавчины, вызывающие инфекции, приводящие к гибели ветвей, но не вызывающие язв. Это, например, виды *C. arizonicum*, *Peridermium filamentosum*, *P. stalactiforme* [21].

Галлы как симптом хорошо заметны на дереве. Несмотря на то, что галлы не являются определяющим диагностическим признаком, они в зависимости от вида, их вызвавшего, имеют некоторые отличия. Так, в эцидиальной стадии галлы *C. quercuum* напоминают по внешнему виду «мозг» (рис. 5), а галлы *Endocronartium harknessii* – яркие желто-оранжевые шары. Весной, во время прохождения эцидиальной стадии, плантации сосны, зараженные *C. harknessii*, напоминают апельсиновые рощи (рис. 2). Галлы *C. ribicola* и *C. coleosporioides* уплощены, вытянуты и имеют характерную структуру, отличающую их от галлов *C. quercuum* и *C. harknessii*, особенно в эцидиальной стадии (рис. 8, 9).

Эцидиальная стадия у ржавчинников, когда их можно идентифицировать по эциоспорам, протекает весной и длится несколько недель. В остальное время года галлы *C. quercuum*, *C. fusiforme*, *C. orientale* (рис. 7), *C. harknessii* и др., имея выраженную шарообразную форму, порой неотличимы друг от друга. В такой ситуации надо учитывать, что ржавчинники являются узкоспециализированными паразитами и довольно жестко привязаны к растениям-хозяевам, на которых протекает их жизненный цикл. Так, если мы находим галл на сосне с западного побережья США, то с большой долей вероятности можно ожидать, что это *E. harknessii*, а если с восточного побережья, то *C. quercuum*. К тому же, зная вид сосны, на которой обнаружен галл, место ее произрастания и возможный круг промежуточных хозяев в этом районе, можно составить предварительный диагноз, воспользовавшись схемой, предложенной Y. Hiratsuka (рис. 10). Суть ее заключается в следующем. При обнаружении галла на сосне, зная вид сосны, можно определить подрод, к которому она принадлежит: *Haploxylon*, так называемые «белые сосны», или *Diploxylon*, так называемые «желтые, или твердые сосны». Далее можно определить круг возбудителей, которые поражают данный подрод, и круг возможных промежуточных растений-хозяев. И наоборот: если обнаружены листья промежуточных растений-хозяев с симптомами уредиальной или телиальной стадии, то, зная семейство, к которому принадлежит это растение-хозяин, можно определить круг возбудителей и примерный круг видов сосен, подверженных заражению [15].

Анализ данной информации поможет составить предварительный диагноз, который необходимо подтвердить дальнейшими лабораторными исследованиями. Порядок этих исследований описан в разработанных специалистами ФГБУ «ВНИИКР» методических рекомендациях по выявлению и идентификации *C. quercuum*, *C. fusiforme* и *E. harknessii*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представители рода *Cronartium* находятся на одной из высших ступеней паразитической лестницы растительных патогенов. Они узкоспециализированы, широко распространены и очень вредоносны.

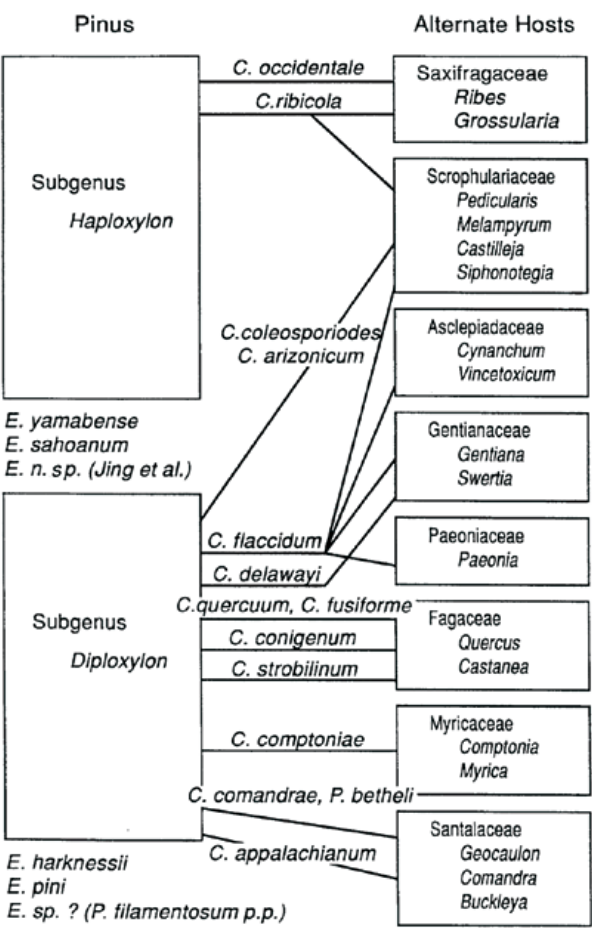


Рис. 10. Схема взаимоотношений между основными галло-образующими ржавчинами на сосне и их растениями-хозяевами

Fig. 10. Relationship diagram of the main gall rusts of pine and their hosts

possible intermediate hosts. And vice versa: if leaves of intermediate hosts with symptoms of the uredinial or telial stages are found, then knowing the family to which this host plant belongs one can determine the range of pathogens and the approximate range of pine species susceptible to the infection [15].

Analysis of this information will help to make a preliminary diagnosis, which must be confirmed by further laboratory tests The order of these tests is described in the methodological recommendations for the detection and identification of *C. quercuum*, *C. fusiforme* and *E. harknessii* developed by the specialists of All-Russian Plant Quarantine Center.

CONCLUSION

Representatives of the genus *Cronartium* are on one of the highest steps of the parasitic staircase of plant pathogens. They are highly specialized, widespread and very harmful. In case of their introduction and distribution, one can expect a serious impact on forest stands, commercial plantations, ornamental plantings and nurseries, where pines, oaks, chestnuts and other plants grow. At the same time, climate conditions will not be a limiting factor. The only thing that can restrain the spread of pathogens with a full development cycle is

В случае их интродукции и распространения можно ожидать серьезное воздействие на лесные насаждения, коммерческие плантации, декоративные посадки и питомники, где произрастают сосны, дубы, каштаны и другие растения. При этом климатические условия не будут являться лимитирующим фактором. Единственное, что может сдержать распространение возбудителей с полным циклом развития, – это отсутствие промежуточных, телиальных растений-хозяев. Об идентификации видов *Cronartium* уже говорилось выше, она сложна и неоднозначна. Все это накладывает особую ответственность на карантинную службу для принятия мер по недопущению проникновения отсутствующих возбудителей из рода *Cronartium* на территорию Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азбукина З.М. Таксономические заметки о видах рода *Cronartium* (*Uredinales*), встречающихся в России // Микология и фитопатология. – 2008. – № 41. – С. 3-12.
 2. Азбукина З.М. Определитель ржавчинных грибов России. Порядок Ржавчинные. – Том 1. – Владивосток: Дальнаука, 2015. – С. 77-85.
 3. Купревич В.Ф. Определитель ржавчинных грибов СССР / В.Ф. Купревич, В.И. Ульянищев; под ред. Н.А. Дорожкина. Ч. 1: Сем. Melampsoraceae и некоторые роды сем. Pucciniaceae // Акад. наук БССР, Акад. наук Аз. ССР. – Минск: Наука и техника, 1975. – С. 85.
 4. Competing sexual and asexual generic names in Pucciniomycotina and Ustilaginomycotina (Basidiomycota) and recommendations for use / Aime M.C., Castlebury L.A., Abbasi M., Begerow D., Berndt R., Kirschner R., Marvanova L., Yoshitaka O., Padamsee M., Scholler M., Thines M. and Rossman A.Y. // IMA Fungus. – 2018. – Vol. 9. – P. 75-89.
 5. Dwinell L.D. Reaction of black oak (*Quercus velutina*) to infection by *Cronartium fusiforme* and *C. quercuum* // Phytopathology. – 1969. – Vol. 59. – 113 pp. (abstract).
 6. Dwinell L.D. Volume-size distribution of aeciospores of *Cronartium fusiforme* and *C. quercuum* // Phytopathology. – 1969. – Vol. 59. – P. 1024-1025.
 7. Dwinell L.D. Interaction of *Cronartium fusiforme* and *Cronartium quercuum* with *Quercus velutina* // Phytopathology. – 1971. – Vol. 61. – P. 1055-1058.
 8. Dwinell L.D. Susceptibility of southern oaks to *Cronartium fusiforme* and *Cronartium quercuum* // Phytopathology. – 1974. – Vol. 64. – P. 400-403.
 9. EFSA PLH Panel (EFSA Panel on Plant Health) Guidance on quantitative pest risk assessment. EFSA Journal, 2018; 16 (8): 5350, 86 pp. – URL: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5350>.
 10. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). Data sheets on quarantine pests: *Endocronartium harknessii* / Smith I.M., McNamara D.G., Scott P.R. and Holderness M. (eds.) // Quarantine Pests for Europe. 2nd edition. CABI/EPPO, Wallingford. – 1997. – 1425 pp.
 11. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). EPPO Global Database. – 2018. – URL: <https://gd.eppo.int>.
 12. Farr D.F., Rossman A.Y. Fungal Databases, US National Fungus Collections, Agricultural Research Service, USDA. – 2018. – URL: <https://nt.ars-grin.gov/fungal-databases>.

the absence of intermediate telial hosts. The identification of *Cronartium* species has already been mentioned above; it is complex and ambiguous. All this imposes a special responsibility on the quarantine service for taking measures to prevent the introduction of absent *Cronartium* pathogens into the territory of the Russian Federation.

REFERENCES

1. Azbukina Z.M. Taxonomical notes on species of the genus *Cronartium* (*Uredinales*) occurring in Russia [Taksonomicheskie zametki o vidakh roda *Cronartium* (*Uredinales*), vstrechajushhihsja v Rossii]. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2008; 41: 3-12 (in Russian).
 2. Azbukina Z.M. Key to rust fungi of Russia. Order Uredinales [Opredelitel' rzhavchinnykh gribov Rossii. Poriadok Rzhavchinnye]. Vladivostok: Dal'nauka; 2015 (1): 77-85 (in Russian).
 3. Kuprevich V.F. Key to rust fungi of USSR [Opredelitel' rzhavchinnykh gribov SSSR]. V.F. Kuprevich, V.I. Ulianishchev; pod red. N.A. Dorozhkina. Akad. nauk BSSR, Akad. nauk Az. SSR. Minsk: Nauka i tekhnika, 1975. Ch. 1: Sem. Melampsoraceae i nekotorye rody sem. Pucciniaceae. S. 85 (in Russian).
 4. Competing sexual and asexual generic names in Pucciniomycotina and Ustilaginomycotina (Basidiomycota) and recommendations for use. Aime M.C., Castlebury L.A., Abbasi M., Begerow D., Berndt R., Kirschner R., Marvanova L., Yoshitaka O., Padamsee M., Scholler M., Thines M. and Rossman A.Y. *IMA Fungus*. 2018; 9: 75-89.
 5. Dwinell L.D. Reaction of black oak (*Quercus velutina*) to infection by *Cronartium fusiforme* and *C. quercuum*. *Phytopathology*. 1969; 59 (abstract).
 6. Dwinell L.D. Volume-size distribution of aeciospores of *Cronartium fusiforme* and *C. quercuum*. *Phytopathology*. 1969; 59: 1024-1025.
 7. Dwinell L.D. Interaction of *Cronartium fusiforme* and *Cronartium quercuum* with *Quercus velutina*. *Phytopathology*. 1971; 61: 1055-1058.
 8. Dwinell L.D. Susceptibility of southern oaks to *Cronartium fusiforme* and *Cronartium quercuum*. *Phytopathology*. 1974; 64: 400-403.
 9. EFSA PLH Panel (EFSA Panel on Plant Health) Guidance on quantitative pest risk assessment. *EFSA Journal*. 2018; 16 (8): 5350. URL: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5350>.
 10. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). Data sheets on quarantine pests: *Endocronartium harknessii*. Smith I.M., McNamara D.G., Scott P.R. and Holderness M. (eds.). Quarantine Pests for Europe. 2nd edition. CABI/EPPO, Wallingford, 1997.
 11. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). EPPO Global Database. 2018. URL: <https://gd.eppo.int>.
 12. Farr D.F., Rossman A.Y. Fungal Databases, US National Fungus Collections. *Agricultural Research Service*, USDA. 2018. URL: <https://nt.ars-grin.gov/fungal-databases>.
 13. Harold H., Jr., Glenn A. Snow Taxonomy of *Cronartium quercuum* and *C. fusiforme*. *Mycologia*. 1977; 69: 503-508.

13. Harold H., Jr., Glenn A. Snow Taxonomy of *Cronartium quercuum* and *C. fusiforme* // Mycologia. – 1977. – Vol. 69. – P. 503-508.
14. Hedgcock G.G., Siggers P.V. A comparison of the pine-oak rusts // U.S. Dep. Agr. Tech. Bull. – 1949. – No. 978. – 30 pp.
15. Hiratsuka Y. *Endocronartium*, a new genus for autoecious pine stem rusts // Canadian Journal of Botany. – 1969. – Vol. 47. – P. 1493-1495.
16. Ito S. Mycological flora of Japan. Basidiomycetes. Uredinales – Melampsoraceae // Tokyo: Yokendo, 1938. – Vol. 2, No. 2. – 249 pp.
17. Kaneko S. *Cronartium orientale*, sp. nov., segregation of the pine gall rust in eastern Asia from *Cronartium quercuum* // Mycoscience. – 2000. – Vol. 41, No. 2. – P. 115-122.
18. Kaneko S., Kuhlman E.G., Powers H.R., Jr. Morphological and physiological differences in the *Cronartium quercuum* complex / Rusts of Pine // Proc. IUFRO Rusts of Pine WP Conf., 1989, Banff, Alberta / eds. Hiratsuka Y., Samoil J.K., Blenis P.V., Crane P.E., Laisley B.L. / Forestry Canada, Northern Forestry Centre, Edmonton. Info. Rept. – 1991. – P. 69-75.
19. McNeill J., Turland N.J., Barrie F.R., Buck W.R., Greuter W., Wiersema J.H. International Code of Nomenclature for Algae, Fungi, and Plants // Koeltz Scientific Books. – 2012. – Konigstein, Germany. – 208 pp.
20. Powers H.R., Kaneko S., Kuhlman E.G., La Y.J., Yi C.K. Susceptibility of Asian and American oaks and pines to *Cronartium quercuum* / Rusts of Pine // Proc. IUFRO Rusts of Pine WP Conf., 1989, Banff, Alberta / eds. Hiratsuka Y., Samoil J.K., Blenis P.V., Crane P.E., Laisley B.L. / Forestry Canada, Northern Forestry Centre, Edmonton // Info. Rept. – 1991. – P. 313-318.
21. Sinclair W.A., Lyon H.H. Diseases of Trees and Shrubs. 2nd ed. // Cornell University Press, Ithaca, NY, 2005. – 660 pp.
22. Walkinshaw C.H., Roland T.A. Incidence and histology of stem-girdling galls caused by fusiform rust // Phytopathology. – 1990. – Vol. 80. – P. 251-255.
23. Index Fungorum. – URL: www.indexfungorum.org.
24. Zambino P.J. Biology and pathology of *Ribes* and their implications for management of white pine blister rust // Forest Pathology. – 2010. – Vol. 40. – P. 264-291.

14. Hedgcock G.G., Siggers P.V. A comparison of the pine-oak rusts. *U.S. Dep. Agr. Tech. Bull.* 1949; 978.
15. Hiratsuka Y. *Endocronartium*, a new genus for autoecious pine stem rusts. *Canadian Journal of Botany.* 1969; 47: 1493-1495.
16. Ito S. Mycological flora of Japan. Basidiomycetes. Uredinales – Melampsoraceae. Tokyo: Yokendo, 1938; 2 (2).
17. Kaneko S. *Cronartium orientale*, sp. nov., segregation of the pine gall rust in eastern Asia from *Cronartium quercuum*. *Mycoscience.* 2000; 41 (2): 115-122.
18. Kaneko S., Kuhlman E.G., Powers H.R., Jr. Morphological and physiological differences in the *Cronartium quercuum* complex. Rusts of Pine. Proc. IUFRO Rusts of Pine WP Conf., 1989, Banff, Alberta, eds. Hiratsuka Y., Samoil J.K., Blenis P.V., Crane P.E., Laisley B.L. Forestry Canada, Northern Forestry Centre, *Edmonton. Info. Rept.* 1991: 69-75.
19. McNeill J., Turland N.J., Barrie F.R., Buck W.R., Greuter W., Wiersema J.H. International Code of Nomenclature for Algae, Fungi, and Plants. *Koeltz Scientific Books.* Konigstein, Germany, 2012.
20. Powers H.R., Kaneko S., Kuhlman E.G., La Y.J., Yi C.K. Susceptibility of Asian and American oaks and pines to *Cronartium quercuum*. Rusts of Pine. Proc. IUFRO Rusts of Pine WP Conf., 1989, Banff, Alberta, eds. Hiratsuka Y., Samoil J.K., Blenis P.V., Crane P.E., Laisley B.L. Forestry Canada, Northern Forestry Centre, Edmonton. *Info. Rept.* 1991: 313-318.
21. Sinclair W.A., Lyon H.H. Diseases of Trees and Shrubs. 2nd ed. *Cornell University Press.* Ithaca, NY, 2005.
22. Walkinshaw C.H., Roland T.A. Incidence and histology of stem-girdling galls caused by fusiform rust. *Phytopathology.* 1990; 80: 251-255.
23. Index Fungorum. URL: www.indexfungorum.org.
24. Zambino P.J. Biology and pathology of *Ribes* and their implications for management of white pine blister rust. *Forest Pathology.* 2010: 264-291.

УДК 632.4.01/.08

О некоторых видах грибов в насаждениях черники обыкновенной на территории Республики Карелия и Архангельской области

М.Б. КОПИНА, к.с.-х.н., старший научный сотрудник – начальник научно-методического отдела микологии и гельминтологии

Т.А. СУРИНА, к.б.н., старший научный сотрудник научного отдела молекулярно-генетических методов диагностики

Д.А. УВАРОВА, младший научный сотрудник научного отдела молекулярно-генетических методов диагностики

Аннотация. В статье представлены результаты изучения фитопатологического состояния естественных насаждений на севере европейской части России: отдельные районы Республики Карелия и Большой Соловецкий остров (Архангельская область). Даны описания некарантинных видов грибов, выделенных с растений черники обыкновенной. Приводятся данные видовой идентификации микромицетов по морфологическим признакам и с помощью расшифровки нуклеотидных последовательностей.

Ключевые слова. Естественные насаждения, видовой состав, черника обыкновенная, фитопатогены, карантинный объект, ПЦР, секвенирование.



Черника обыкновенная *Vaccinium myrtillus* L. выделяется по значимости среди ягодных культур, она содержит большое количество микроэлементов, биологически активных веществ, при этом растение устойчиво к неблагоприятным природным условиям. Черника широко представлена в разных типах леса на севере европейской части России: ельник-черничник, сосняк-черничник, березняк-черничник, которые являются наиболее распространенными в подзоне южной тайги. Максимальный запас сырья черники отмечен в Новосибирской области,

UDC 632.4.01/.08

About some fungi species in blueberry plantations in the Republic of Karelia and Arkhangelsk Oblast

M.B. KOPINA, PhD in Agriculture, Senior Researcher, Head of the Research and Methodology Department for Mycology and Helminthology

T.A. SURINA, PhD in Biology, Senior Researcher of the Research Department for Molecular Genetic Methods of Diagnosis

D.A. UVAROVA, Junior Researcher of the Research Department for Molecular Genetic Methods of Diagnosis

Abstract. The article presents the results of the study of the phytopathological condition of natural plantations in the north of the European part of Russia – separate districts of the Republic of Karelia and Bolshoy Solovetsky Island (Arkhangelsk Oblast). Descriptions of non-quarantine fungi species isolated from ordinary blueberry plants are given. Data on species identification of micromycetes by morphological characteristics and nucleotide sequence decoding are specified.
Keywords. Natural plantations, species complex, blueberry, phytopathogens, quarantine object, PCR, sequencing.

Blueberry *Vaccinium myrtillus* L. distinguishes itself by its importance among berry crops; it contains many micronutrients, biologically active substances, while the plant is resistant to adverse environmental conditions. Blueberries are widely represented in different forest types in the north of European Russia – bilberry spruce, pine and birch forests, which are the most common in the