

Биологические и морфологические особенности возбудителя суховершинности ясеня *Chalara fraxinea* T. Kowalski

* ЗАЙЦЕВА Л.В.¹, * КАМЧЕНКОВ А.В.²

^{1,2} ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), пгт Быково, м. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150

¹ ORCID: 0009-0004-3678-406X;
e-mail: lidiya.zaitzeva26@yandex.ru

² ORCID: 0009-0007-4024-6450;
e-mail: akamchenkov@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В статье представлена информация о возбудителе суховершинности ясеня *Chalara fraxinea* T. Kowalski (телеоморфа *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya 2014). Данное заболевание представляет серьезную угрозу для лесного хозяйства и биологического разнообразия. Отмечено, что возбудитель родом из Восточной Азии, где он поражает местные виды ясеня как эндофит. Однако при интродукции на Европейский континент приводил к гибели до 90% ясеневых насаждений. На основе анализа литературных данных и собственных наблюдений приведены сведения о географическом распространении патогена (32 страны Европы и три страны Азии), круге растений-хозяев (12 видов ясеня и виды семейства Oleaceae), биологических особенностях (жизненный цикл с анаморфной и телеоморфной стадиями), условиях формирования апотециев и аскоспор, путях распространения. Систематизированы основные симптомы поражения, а также культурально-морфологические признаки телеоморфы и анаморфы патогена. В статье представлены авторские иллюстрации.

Ключевые слова: *Chalara fraxinea*, *Hymenoscyphus fraxineus*, *Fraxinus excelsior*, суховершинность ясеня, инвазивный вид, культурально-морфологические признаки, жизненный цикл.

Biological and morphological characters of *Chalara fraxinea* T. Kowalski

* LIDIYA V. ZAITSEVA¹,

* ALEKSANDR V. KAMCHENKOV¹

¹ All-Russian Plant Quarantine Center (FGBU "VNIIKR"), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150

¹ ORCID: 0009-0004-3678-406X;
e-mail: lidiya.zaitzeva26@yandex.ru

¹ ORCID: 0009-0007-4024-6450;
e-mail: akamchenkov@mail.ru

ABSTRACT

The article provides information on the agent of ash dieback *Chalara fraxinea* T. Kowalski (teleomorph *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya 2014). This disease poses a serious threat to forestry and biodiversity. It is noted that the pathogen is native to East Asia, where it affects native ash species as an endophyte. However, when introduced to the European continent, it led to the death of up to 90% of ash stands. Based on an analysis of literary data and our own observations, information is provided on the geographic distribution of the pathogen (32 European countries and three Asian countries), the range of host plants (12 ash species and species of the Oleaceae family), biological characters (life cycle with anamorphic and teleomorphic stages), the conditions for the formation of apothecia and ascospores, and pathways. The main damage symptoms, as well as the cultural and morphological characters of the pathogen's teleomorphs and anamorphs, are systematized. The article includes the author's illustrations.

Key words: *Chalara fraxinea*, *Hymenoscyphus fraxineus*, *Fraxinus excelsior*, ash dieback, invasive species, cultural and morphological characters, life cycle.

ВВЕДЕНИЕ

Возбудитель суховершинности ясеня *Chalara fraxinea* T. Kowalski является инвазивным грибным фитопатогеном, родиной которого считается Восточная Азия. Естественный ареал – КНДР, Республика Корея, Япония. В Восточной Азии поражает местный вид ясеня, такой как ясень маньчжурский (*Fraxinus mandshurica*), но не вызывает его гибели, выступая в роли эндофита (<https://www.forestresearch.com>). С завозом в Восточную Европу вид распространился практически по всему континенту. Впервые обнаружен в Польше (Т. Kowalski, 2006). При инфицировании ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior*) и других европейских видов, не имеющих иммунитета к патогену, гриб вызывает массовое усыхание кроны и гибель до 90% деревьев в популяциях.

Фитопатоген *Chalara fraxinea* внесен в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза, в список I «Карантинные вредные организмы, отсутствующие на территории Евразийского экономического союза».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В статье приведены данные о биологических особенностях, вредоносности и фитосанитарном статусе возбудителя, а также о путях его распространения и основном круге растений-хозяев. Описаны симптомы поражения ясеневых насаждений, а также культурально-морфологические признаки патогена на примере изолята ФГБУ «ВНИИКР» № HF 78-01-25. В работе применялись методы выделения патогена на питательную среду (2%-й КГА) и микроскопии (микроскоп Olympus BX43A с увеличением $\times 100$ – 400). Снимки микроскопии были выполнены с использованием бинокля Olympus SZX-ZB16. Статья иллюстрирована оригинальными фотографиями авторов.

Географическое распространение

Европа: Австрия, Беларусь, Бельгия, Босния и Герцеговина, Великобритания, Венгрия, Германия, Дания, Ирландия, Испания, Италия, Латвия, Литва, Люксембург, Нидерланды, Норвегия, Польша, Румыния, Сербия, Словакия, Словения, Турция, Украина, Финляндия, Франция, Хорватия, Черногория, Чешская Республика, Швейцария, Швеция, Эстония.

Азия: КНДР, Республика Корея, Япония (<https://gd.eppo.net>).

Растения-хозяева

Основными растениями-хозяевами являются ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*), ясень американский (*Fraxinus americana*), ясень узколистный (*Fraxinus angustifolia*), ясень Бунге (*Fraxinus bungeana*), ясень носолистный (*Fraxinus chinensis* subsp. *rhyrachophylla*), ясень широколистный (*Fraxinus latifolia*), ясень маньчжурский (*Fraxinus mandshurica*), ясень черный (*Fraxinus nigra*), ясень белый (*Fraxinus ornus*), ясень пенсильванский (*Fraxinus pennsylvanica*), ясень синий (*Fraxinus quadrangulata*), ясень согдийский (*Fraxinus sogdiana*). Кроме видов рода *Fraxinus*, патоген способен поражать и других представителей семейства Oleaceae: филлирию

INTRODUCTION

Cherry (*Prunus cerasus* L.) is a valuable stone fruit crop and is of high economic importance both in the fresh produce market and in the processing industry, where its fruits are widely used to produce jams, juices, and frozen products. However, the development of sustainable and highly productive cherry production is largely limited by the impact of a complex of fungal diseases (Kulikov et al., 2014).

The most dangerous, economically significant diseases that cause significant damage to cherry plantations are moniliosis, leaf blight of cherry and shoot blight of cherry (Hrustić et al., 2015; Andersen et al., 2018; Farooq, 2023).

MATERIALS AND METHODS

This article presents data on the biological characters, harmfulness, and phytosanitary status of the pathogen, as well as its pathways and primary host range. Ash tree damage symptoms, as well as the cultural and morphological characters of the pathogen are described using isolate No. HF 78-01-25 from the All-Russian Research Institute of Plant Protection (VNIICR) as an example.

The study utilized pathogen isolation methods (2% KGA) and microscopy (Olympus BX43A microscope with 100–400x magnification). Macroscopic images were taken using an Olympus SZX-ZB16 binocular microscope. The article is illustrated with the authors' original photos.

Geographic distribution

Europe: Austria, Belarus, Belgium, Bosnia and Herzegovina, Great Britain, Hungary, Germany, Denmark, Ireland, Spain, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Netherlands, Norway, Poland, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Turkey, Ukraine, Finland, France, Croatia, Montenegro, Czech Republic, Switzerland, Sweden, Estonia.

Asia: DPRK, Republic of Korea, Japan (<https://gd.eppo.net>).

Host plants

The main host plants include *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus americana*, *Fraxinus angustifolia*, *Fraxinus bungeana*, *Fraxinus chinensis* subsp. *Rhynchophylla*, *Fraxinus latifolia*, *Fraxinus mandshurica*, *Fraxinus nigra*, *Fraxinus ornus*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Fraxinus quadrangulata*, *Fraxinus sogdiana*. Apart from the species of the genus *Fraxinus*, the pathogen can affect other representatives of the family Oleaceae: *Phillyrea angustifolia* and *Phillyrea latifolia* (<https://gd.eppo.net>).

Harmfulness

The first reports of widespread ash tree mortality in Europe appeared in Poland in the early 1990s. Initially, the etiology of the disease was erroneously attributed to abiotic factors or the colonization of trees by pathogenic basidiomycetes of the genus *Armillaria*. In 2006, the fungus was described as a new species,

узколистную (*Phillyrea angustifolia*) и филлирею широколистную (*Phillyrea latifolia*) (<https://gd.eppo>).

Вредоносность

Первые сообщения о массовой гибели ясеневых насаждений в Европе появились в начале 1990-х гг. в Польше. Первоначально этиологию заболевания ошибочно связывали с воздействием абиотических факторов или колонизацией деревьев патогенными базидиомицетами рода *Armillaria*. В 2006 г. гриб был описан как новый вид *Chalara fraxinea* Томасом Ковальски по образцам, отобранным с пораженных ясеней в Польше (Kowalski T., 2006). После первых очагов в Центральной Европе болезнь в 2000-х и 2010-х гг. быстро распространилась, охватив обширные территории Скандинавского полуострова, Прибалтики, Западной и Южной Европы.

Согласно обобщенным данным в Европе, показатели гибели деревьев ясеня достигают 85% в питомниках, 82% в естественных древостоях и около 70% в лесных массивах (Coker T.L.R et al., 2019). По оценкам исследователей, совокупный экономический ущерб от возбудителя суховершинности ясеня в Великобритании в долгосрочной перспективе составит порядка 14,8 млрд фунтов стерлингов (Hill L. et al., 2019). В Польше и Дании промышленное выращивание ясеня утратило коммерческую целесообразность. Прямые финансовые потери от ликвидации государственных и частных питомников, исчисляемые миллионами евро, привели к фактическому исчезновению данного сектора лесного хозяйства (Stockeland J. et al., 2017). Параллельно с этим во Франции поражение деревьев ясеня снижает рентабельность насаждений на 30–50% за один оборот рубки. Ключевым фактором экономических потерь выступает ухудшение качества лесоматериалов: из-за болезни высококачественный мебельный кряж переходит в категорию низкосортного топливного сырья (дров) (Petucco, C. et al., 2019).

Биологические особенности возбудителя

Жизненный цикл возбудителя суховершинности ясеня представляет собой сложный процесс, включающий бесполоую стадию – анаморфу *Chalara fraxinea*, а также половую стадию – телеоморфу *Hymenoscyphus fraxineus*. Телеоморфная стадия патогена характеризуется формированием в листовой подстилке белых или кремовых апотециев, развивающихся на черешках листьев предыдущего года. С июня по октябрь апотеции продуцируют аскоспоры (Gross A. et al., 2012). Сроки формирования апотециев варьируют в зависимости от климатических условий регионов: если в более северных широтах их развитие приходится на конец июля – август, то в более южных активное развитие и образование апотециев отмечается уже в июне. Повышенная влажность и наличие лесной подстилки формируют оптимальный микроклимат для созревания апотециев на опавших рахисах листьев. Сочетание умеренно теплой погоды (порядка 20 °C) и высокой влажности способствует активному спороношению, обеспечивая перенос аскоспор ветром на большие расстояния. В частности, во Франции зафиксированы случаи распространения аскоспор на 50–100 км (Grosdidier M. et al., 2018).

Chalara fraxinea, by Tomasz Kowalski from samples collected from affected ash trees in Poland (Kowalski, T., 2006). After initial outbreaks in Central Europe, the disease rapidly spread in the 2000s and 2010s, covering vast areas of the Scandinavian Peninsula, the Baltic States, and Western and Southern Europe.

According to the generally accepted data in Europe, mortality rates for ash trees reach 85% in nurseries, 82% in natural stands, and approximately 70% in woodlands (Coker, T.L.R., et al., 2019). Researchers estimate that the total long-term economic impact of ash dieback in the UK will be approximately £14.8 billion (Hill L., et al., 2019). In Poland and Denmark, industrial ash cultivation has become commercially unviable. Direct financial losses from the closure of public and private nurseries, amounting to millions of euros, led to the virtual disappearance of this forestry sector (Stockeland, J., et al., 2017). Meanwhile, in France, ash dieback reduces the profitability of stands by 30–50% per felling cycle. A key factor in economic losses is the deterioration of timber quality: due to the disease, high-quality furniture logs are relegated to the category of low-grade fuel wood (firewood) (Petucco, C., et al., 2019).

Biological characters of the pathogen

The life cycle of the ash dieback pathogen is a complex process that includes an asexual stage, the anamorph *Chalara fraxinea* – and the sexual stage – teleomorph *Hymenoscyphus fraxineus*. The pathogen's teleomorphic stage is characterized by the formation of white or cream-colored apothecia in the leaf litter, developing on the leaf petioles from the previous year. From June to October, the apothecia produce ascospores (Gross A., et al., 2012). The timing of apothecia formation varies depending on regional climatic conditions: while in more northern latitudes their development occurs in late July or August, in more southern latitudes, active development and formation of apothecia is observed as early as June. High humidity and the presence of forest litter create an optimal microclimate for apothecia maturation on fallen leaf rachis. The combination of moderately warm weather (around 20°C) and high humidity promotes active sporulation, ensuring the wind transport of ascospores over long distances. For example, cases of ascospore dispersal over 50–100 km have been recorded in France (Grosdidier M., et al., 2018).

Primary infection occurs through the leaf blade: upon landing on the leaf surface, the ascospore germinates and forms an appressorium, allowing the pathogen to penetrate the mesophyll tissue. Subsequently, the pathogen migrates from the leaf blade to the rachis, and then infects the branch tissues. The anamorphic stage of *C. fraxinea* plays an equally important role. When the fungus penetrates plant shoot tissue, it causes elongated necrotic lesions – brown-black cankers that penetrate deep into the xylem—which subsequently cause blockage of the vascular vessels and the death of the entire crown above the infection site. The overwintering stage of the pathogen manifests as

Первичное заражение происходит через листовую пластину: при попадании на поверхность листа аскоспора прорастает и формирует аппрессорий, обеспечивающий проникновение патогена в ткани мезофилла. В дальнейшем патоген мигрирует из листовой пластинки в рахис, а затем поражает ткани ветвей. Не менее важную роль играет анаморфная стадия *C. fraxinea*. Попадание гриба в ткани побегов растений приводит к образованию вытянутых некротических участков – язв коричнево-черного цвета, проникающих вглубь до ксилемы, – что в дальнейшем вызывает закупорку проводящих сосудов и гибель всей части кроны, расположенной выше места заражения. Зимующая стадия патогена локализуется в виде склероциальных пластинок на опавших рахисах листьев, а также в виде мицелия в древесине. С наступлением летнего периода на рахисах формируются апотеции, что завершает годичный цикл развития гриба (Long F. et al., 2025).

Способы распространения

Пути распространения *C. fraxinea* носят комплексный характер и включают как естественные (перенос аскоспор воздушными массами), так и антропогенные векторы. К последним относится использование и реализация зараженного посадочного материала (Hill L. et al., 2019), транспортировка

sclerotial plates on fallen leaf rachis and as mycelium in the wood. With the onset of summer, apothecia form on the rachis, completing the fungal cycle (Long, F., et al., 2025).

Pathways

The spread of *C. fraxinea* is complex and includes both natural vectors – airborne ascospores – and anthropogenic vectors. The latter include the use and sale of infected planting material (Hill, L., et al., 2019), the transportation of wood raw materials and logging debris (Kowalski, T., 2006), and the spread of infection by vehicles and people.

Symptoms

Leaf damage. Initial symptoms appear as small necrotic spots on the leaf blades. As the infection progresses, affected leaves wilt prematurely, turning dark brown or black, and drying out. A characteristic feature is the prolonged persistence of dead foliage in the crown: it does not fall off during the growing season (see Fig. 1).

Branches damage. The pathogen causes elongated necrotic areas on the bark of shoots and branches. These necroses often have a distinctive diamond-shaped appearance and a characteristic brownish-orange color (see Fig. 2).



Рис. 1. Симптомы суховершинности ясеня *C. fraxinea* на листве: А – поражение побега с листьями; В – сохранение погибшего побега (фото Л. В. Зайцевой)
 Fig. 1. Ash dieback *C. fraxinea* on leaves: А – infected shoot with leaves; В – preserving dead branch (photos by L.V. Zaitseva)

древесного сырья и порубочных остатков (Kowalski T., 2006), а также перенос инфекции транспортом и людьми.

Симптомы

Поражение листьев. Первичные признаки болезни проявляются в виде мелких некротических пятен на листовых пластинках. В процессе развития инфекции пораженные листья преждевременно увядают, приобретают темно-бурую или черную окраску и высыхают. Характерной особенностью является длительное сохранение погибшей листвы в кроне: она не опадает в течение вегетационного периода (см. рис. 1).

Поражение ветвей. Патоген вызывает вытянутые некротические участки на коре побегов и ветвей. Эти некрозы часто имеют специфическую ромбовидную форму и характерную коричневатую-оранжевую окраску (см. рис. 2).



Рис. 2. Симптомы суховершинности ясеня *C. fraxinea* на ветках: А – поражение ветки ясеня; В – ромбовидные некрозы на ветках (фото А. В. Камченкова)
 Fig. 2. Ash dieback *C. fraxinea* on branches: А – ash tree branch damage; В – diamond-shaped necrosis on branches (photo by Kamchenkov A.V.)

Поражение проводящей системы. Некрозы не ограничиваются корой, а активно распространяются на элементы ксилемы. На поверхности древесины наблюдаются вытянутые ромбовидные некротические пятна (см. рис. 3). Центр такого участка обычно совпадает с местом прикрепления черешка листа или основания бокового побега, через которые патоген проник внутрь. Зона поражения имеет четкую, часто темную кайму, которая отделена от здоровой светлой древесины.

На поперечном срезе ветки наблюдается характерная V-образно-круговая зона поражения, окрашенная в темно-серый, коричневый или черный цвет. Некроз тканей при заражении *C. fraxinea* характеризуется глубоким проникновением: патоген преодолевает камбиальный слой и активно распространяется вглубь древесины, часто достигая центральной части побега (см. рис. 4).

Conduction system damage. Necrosis is not limited to the bark but actively spreads to xylem elements. Elongated, diamond-shaped necrotic spots are observed on the wood surface (see Fig. 3). The center of such a spot usually coincides with the attachment of the leaf petiole or the base of the lateral shoot through which the pathogen entered. The affected area has a distinct, often dark, border that is separated from healthy, light-colored wood.

A cross-section of a branch reveals a characteristic V-shaped, circular lesion, colored dark gray, brown, or black. Tissue necrosis during *C. fraxinea* infection is characterized by deep penetration: the pathogen penetrates the cambium layer and actively spreads deeper into the wood, often reaching the central part of the shoot (see Fig. 4).

Crown damage. As a result of long-term branch damage, progressive crown thinning occurs. The tree apex loses its leaves prematurely, dries up, and dies, giving ash trees a typical “dead-top” appearance (see Fig. 5).

In the later stages, the tree often responds to stress by forming numerous epicormic shoots from dormant buds on the trunk, which is an attempt to compensate for the lost leaf mass (see Fig. 6).

Cultural and morphological characters

Teleomorph: *Hymenoscyphus fraxineus*

Apothecia are typically cup-shaped, solitary or numerous, and crowded. Coloration ranges from white to cream; the hymenium is smooth and light. The disc diameter is approximately 1.2–3.5 mm; the stalk is thin, 1.25–4 mm long, and the disc margin is smooth and not ciliated (see Fig. 7).

Asci are 8-spore-bearing, cylindrical to weakly clavate, and measure approximately 90–115 × 8–11 μm (see Fig. 8).

Ascospores are hyaline, smooth, usually without septa when ejected (may later become 1-septate), cylindrical to slightly allantoid, straight or slightly curved, with small oil droplets, 12.5–14.2 × 2.5–3.1 μm in size; in the asci they are arranged mainly biserially (in places uniserially).

Paraphyses filiform, 1.5–2.5 μm thick, slightly thickened at the apex to 3–5 μm, with vacuolar bodies; protruding slightly above the asci by 5–15 μm.



Рис. 3. Поражение древесины *C. fraxinea* (фото Л. В. Зайцевой)
 Fig. 3. Wood damage by *C. fraxinea* (photos by L.V. Zaitseva)

Поражение кроны. В результате многолетнего поражения ветвей наблюдается прогрессирующее изреживание кроны. Верхушечная часть дерева преждевременно теряет листву, засыхает и отмирает, что придает ясеням типичный «суховершинный» вид (см. рис. 5).

На поздних стадиях дерево часто реагирует на стресс образованием многочисленных эпикормических побегов из спящих почек на стволе, что является попыткой компенсировать утраченную листовую массу (см. рис. 6).

**Культурально-морфологические признаки
 Телеоморфа: *Hymenoscyphus fraxineus***

Апотеции типично чашевидные, одиночные или многочисленные, скученные. Окраска – от белой до кремовой; гимений гладкий, светлый. Диаметр диска примерно 1,2–3,5 мм; ножка тонкая, 1,25–4 мм длиной, край диска ровный, не реснитчатый (см. рис. 7).

Аски 8-споровые, от цилиндрических до слабо булабовидных, размеры которых примерно 90–115 × 8–11 мкм (см. рис. 8).

Аскоспоры гиалиновые, гладкие, обычно без перегородок при выбрасывании (позднее могут становиться 1-септ.), цилиндрические до слегка аллантоидных, прямые или чуть изогнутые, с мелкими каплями масла, размером 12,5–14,2 × 2,5–3,1 мкм; в асках расположены в основном бисериально (местами унисериально).

Парафизы нитевидные, 1,5–2,5 мкм в толщину, на вершине слегка утолщены до 3–5 мкм, с вакуолярными телами; чуть выступают над асками на 5–15 мкм.

Анаморфа: *Chalara fraxinea*

Колония на 2%-м картофельно-глюкозном агаре, медленно растущая, плотная, слабо опушенная, с неровным краем. Средняя скорость роста 0,7 мм/сут (см. рис. 9).

Цвет колонии неоднородный, от беловато-бежевого до кремового с оранжево-коричневыми участками мицелия.



Рис. 4. Продольный срез ветки ясеня с некрозом тканей древесины (фото Л. В. Зайцевой)
 Fig. 4. Longitudinal section of an ash branch with wood tissue necrosis (photo by L.V. Zaitseva)

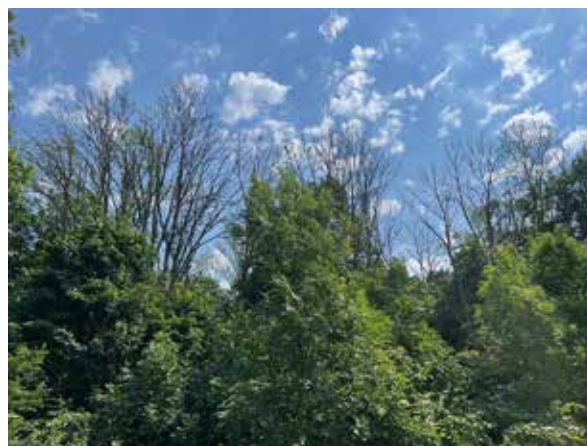


Рис. 5. Симптомы усыхания верхушек ясеней обыкновенных (фото Л. В. Зайцевой)
 Fig. 5. Crown dieback symptoms of common ash trees (photo by L.V. Zaitseva)



Рис. 6. Многочисленные эпикормические побеги ясеня (фото Л. В. Зайцевой)

Fig. 6. Numerous epicormic shoots of ash (photo by L.V. Zaitseva)

Гифы мицелия гиалиновые, тонкостенные, септированные, 2–4 мкм в диаметре. Фиалиды характерно бутылевидные, короткие, гиалиновые; нередко фиалиды формируются непосредственно на вегетативных гифах (интегрированные конидиогенные клетки) (см. рис. 10, А).

Конидии гиалиновые, гладкие, одноклеточные (асептированные), цилиндрические, формируются эндогенно, размером 3,5–5,2 × 1–2 мкм; могут образовывать скопления на вершинах фиалид (см. рис. 10, В).



Рис. 9. Четырехнедельная культура *C. fraxinea* на 2%-м КГА, изолят ФГБУ «ВНИИКР» № HF 78-01-25 (фото Л. В. Зайцевой)

Fig. 9. 4-week culture of *C. fraxinea* on 2% PDA, isolate of FGBU “VNI IKR” No. HF 78-01-25 (photo by L.V. Zaitseva)



Рис. 7. Апотеции на черешке, бинокляр Olympus SZX-ZB16 (фото Л. В. Зайцевой)

Fig. 7. Apothecia on the petiole, Olympus SZX-ZB16 binocular (photo by L.V. Zaitseva)



Рис. 8. Аск и аскоспоры *H. fraxineus*, микроскоп Olympus BX43A (фото А. В. Камченкова)

Fig. 8. Ascus and ascospores of *H. fraxineus*, Olympus BX43A microscope (photos by A.V. Kamchenkov)

Anamorph: *Chalara fraxinea*

Colony on 2% potato dextrose agar, slow-growing, dense, slightly pubescent, with an uneven edge. Average growth rate 0.7 mm/day (see Fig. 9).

The colony color is uneven, from whitish-beige to cream with orange-brown areas of mycelium.

Mycelial hyphae are hyaline, thin-walled, septate, 2–4 μm in diameter. Phialides are characteristically bottle-shaped, short, and hyaline; phialides often form directly on vegetative hyphae (integrated conidiogenous cells) (see Fig. 10, A).

Conidia are hyaline, smooth, unicellular (aseptate), cylindrical, formed endogenously, 3.5–5.2 × 1–2 μm in size; they can form clusters at the tips of phialides (see Fig. 10, B).

Control measures

The effectiveness of control measures to protect ash stands from *C. fraxinea* is complicated by the pathogen’s biological characters. To date, no chemical or biological methods have been developed to protect against the disease. Therefore, the primary measures to control the pathogen are limited to sanitary and preventive measures and the creation of resilient tree populations through selective breeding. Priority sanitary and preventive measures include leaf litter removal, sanitary pruning, monitoring of ash stands, using healthy planting material, and pre-planting diagnostics.

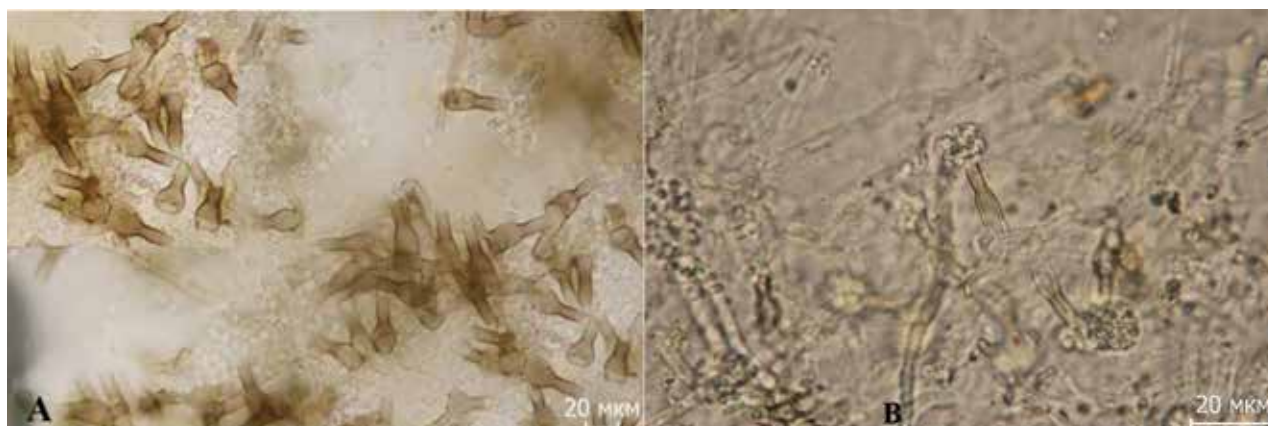


Рис. 10. Морфологические признаки *C. fraxinea*: А – бутылевидные фиалиды и эндоконидии культуры *C. fraxinea*, 2%-й КГА, микроскоп Olympus BX43A; В – скопления эндоконидий на вершинах фиалид, микроскоп Olympus BX43A (фото Л. В. Зайцевой)

Fig. 10. Morphological characters of *C. fraxinea*: А – bottle-shaped phialides and endoconidia of the *C. fraxinea* culture, 2%-й PDA, Olympus BX43A microscope; В – clusters of endoconidia at the tips of phialides, Olympus BX43A microscope (photos by L.V. Zaitseva)

Меры борьбы

Эффективность мер по защите ясеневых насаждений от *C. fraxinea* осложняется биологическими особенностями возбудителя. На сегодняшний день химических или биологических методов защиты от заболевания не разработано. В связи с этим основные меры борьбы с патогеном сводятся к санитарно-профилактическим мероприятиям и созданию устойчивых популяций деревьев посредством селекции. Комплекс первоочередных санитарно-профилактических мер включает в себя уборку листового опада, санитарную обрезку, мониторинг ясеневых насаждений, использование здорового посадочного материала, диагностику посадочного материала перед посадкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Coker T.L.R., Rozsypálek J., Edwards A., Harwood T.P., Butfoy L., Buggs R.J.A. Estimating mortality rates of European ash (*Fraxinus excelsior*) under the ash dieback (*Hymenoscyphus fraxineus*) epidemic // *Plants, People, Planet*. 2019. Vol. 1. P. 48–58.
2. Grosdidier M., Ioos R., Husson C., Caël O., Scordia T., Marçais B. Tracking the invasion: Dispersal of *Hymenoscyphus fraxineus* airborne inoculum at different scales // *FEMS Microbiology Ecology*. 2018. Vol. 94, № 5. Article fty049. DOI: 10.1093/femsec/fty049.
3. Gross A., Zaffarano P.L., Duo A., Grünig C.R. Reproductive mode and life cycle of the ash dieback pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus* // *Fungal Genetics and Biology*. 2012. Vol. 49, № 12. P. 977–986. DOI: 10.1016/j.fgb.2012.08.008.
4. Hill L., Jones G., Atkinson N., Hector A., Hemery G., Brown N. The £15 billion cost of ash dieback in Britain // *Current Biology*. 2019. Vol. 29, № 15. P. R315–R316. DOI: 10.1016/j.cub.2019.06.033.
5. Kowalski T. *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland // *Forest Pathology*. 2006. Vol. 36, № 4. P. 264–270. DOI: 10.1111/j.1439-0329.2006.00453.x.
6. Petucco C., Andrés-Domenech P. Landowners' expected utility in the face of ash dieback: A choice experiment in Northeastern France // *Forest Policy and Economics*. 2018.

REFERENCES

1. Coker T.L.R., Rozsypálek J., Edwards A., Harwood T.P., Butfoy L., Buggs R.J.A. Estimating mortality rates of European ash (*Fraxinus excelsior*) under the ash dieback (*Hymenoscyphus fraxineus*) epidemic // *Plants, People, Planet*. 2019. Vol. 1. P. 48–58.
2. Grosdidier M., Ioos R., Husson C., Caël O., Scordia T., Marçais B. Tracking the invasion: Dispersal of *Hymenoscyphus fraxineus* airborne inoculum at different scales // *FEMS Microbiology Ecology*. 2018. Vol. 94, № 5. Article fty049. DOI: 10.1093/femsec/fty049.
3. Gross A., Zaffarano P.L., Duo A., Grünig C.R. Reproductive mode and life cycle of the ash dieback pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus* // *Fungal Genetics and Biology*. 2012. Vol. 49, № 12. P. 977–986. DOI: 10.1016/j.fgb.2012.08.008.
4. Hill L., Jones G., Atkinson N., Hector A., Hemery G., Brown N. The £15 billion cost of ash dieback in Britain // *Current Biology*. 2019. Vol. 29, № 15. P. R315–R316. DOI: 10.1016/j.cub.2019.06.033.
5. Kowalski T. *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland // *Forest Pathology*. 2006. Vol. 36, № 4. P. 264–270. DOI: 10.1111/j.1439-0329.2006.00453.x.
6. Petucco C., Andrés-Domenech P. Landowners' expected utility in the face of ash dieback: A choice experiment in Northeastern France // *Forest Policy and Economics*. 2018.
7. Stokland J., et al. Ash dieback in Europe: evolution, biology and economic impact // *Dieback of European ash (Fraxinus spp.): consequences and guidelines for sustainable management* / ed. by R. Vasaitis, R. Enderle. 2017.
8. Ash dieback (*Hymenoscyphus fraxineus*) [Electronic resource] // Forest Research. URL: <https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/fthr/pest-and-disease-resources/ash-dieback-hymenoscyphus-fraxineus/> (last accessed: 02.03.2026).

7. Stokland J., et al. Ash dieback in Europe: evolution, biology and economic impact // *Dieback of European ash (Fraxinus spp.): consequences and guidelines for sustainable management* / ed. by R. Vasaitis, R. Enderle. 2017.

8. Ash dieback (*Hymenoscyphus fraxineus*) [Электронный ресурс] // Forest Research. URL: <https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/fthr/pest-and-disease-resources/ash-dieback-hymenoscyphus-fraxineus/> (дата обращения: 02.03.2026).

9. CABI Digital Library [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cabidigitallibrary.org/> (дата обращения: 10.03.2026).

10. Distribution – *Hymenoscyphus fraxineus* (CHAAFR) [Электронный ресурс] // EPPO Global Database. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/CHAAFR/distribution> (дата обращения: 02.03.2026).

11. Hosts – *Hymenoscyphus fraxineus* (CHAAFR) [Электронный ресурс] // EPPO Global Database. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/CHAAFR/hosts> (дата обращения: 02.03.2026).

12. Long F., Kosawang C., Nielsen L.R., Hietala A.M. Leaf mycobiome and the success of *Hymenoscyphus fraxineus* in completing its life cycle depend on the canopy position of common ash [Электронный ресурс] // *Frontiers in Microbiology*. 2025. Vol. 16. Article 1696858. DOI: 10.3389/fmicb.2025.1696858. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12722789/> (дата обращения: 19.03.2026).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Зайцева Лидия Валерьевна, младший научный сотрудник ЦКП «Молекулярная генетика» ФГБУ «ВНИИКР», пгт Быково, м. о. Раменский, Московская обл., Россия; *ORCID: 0009-0004-3678-406X*; *e-mail: lidiya.zaitzeva26@yandex.ru*

Камченков Александр Владимирович, заведующий лабораторией микологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР», пгт Быково, м. о. Раменский, Московская обл., Россия; *ORCID: 0009-0007-4024-6450*; *e-mail: akamchenkov@mail.ru*

9. CABI Digital Library [Electronic resource]. URL: <https://www.cabidigitallibrary.org/> (last accessed: 10.03.2026).

10. Distribution – *Hymenoscyphus fraxineus* (CHAAFR) [Electronic resource] // EPPO Global Database. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/CHAAFR/distribution> (last accessed: 02.03.2026).

11. Hosts – *Hymenoscyphus fraxineus* (CHAAFR) [Electronic resource] // EPPO Global Database. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/CHAAFR/hosts> (last accessed: 02.03.2026).

12. Long F., Kosawang C., Nielsen L.R., Hietala A.M. Leaf mycobiome and the success of *Hymenoscyphus fraxineus* in completing its life cycle depend on the canopy position of common ash [Electronic resource] // *Frontiers in Microbiology*. 2025. Vol. 16. Article 1696858. DOI: 10.3389/fmicb.2025.1696858. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12722789/> (last accessed: 19.03.2026).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Lidiya Zaitseva, Junior Researcher, Center for Collective Use “Molecular Genetics” of FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID: 0009-0004-3678-406X*; *e-mail: lidiya.zaitzeva26@yandex.ru*

Alexander Kamchenkov, Head of Mycology Laboratory, Testing Laboratory Center, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID: 0009-0007-4024-6450*; *e-mail: akamchenkov@mail.ru*