

УДК 582.282.112(476)

МОРФОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ МУЧНИСТОРОСЯНОГО ГРИБА *ERYSIPHE CIRCAEAE* L. JUNELL В БЕЛАРУСИ

И. А. ФЕДЮШКО¹⁾, А. К. ХРАМЦОВ¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

В ходе проведенных исследований установлено, что на территории республики, в Южной и Новой агроклиматических областях, мучнисторосяный гриб *Erysiphe circaeae* L. Junell на *Circaea lutetiana* L. проходит цикл развития, включающий как анаморфу, так и телеоморфу. Впервые на материале, собранном в Беларуси, изучены морфометрические характеристики бесполой и половой стадий развития возбудителя мучнистой росы двулепестников. Ранее подобные сведения не были опубликованы. На основе сравнительного анализа размеров конидий сделан вывод о строгой приуроченности грибов *E. circaeae* и *E. howeana* U. Braun к своим растениям-хозяевам – *C. lutetiana* и *Oenothera biennis* L. соответственно. Рассмотрен состав гербофильных микосинузий с участием гриба *E. circaeae* и указаны предположительные локалитеты его нахождения на представителях рода *Circaea* в Беларуси.

Ключевые слова: *Erysiphe circaeae*; мучнистая роса; *Circaea*; двулепестник; анаморфа; телеоморфа; фитопатогенные микромицеты; растения-хозяева; микобиота; Беларусь.

Благодарность. Работа выполнена в рамках государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» (подпрограмма 10.2 «Биоразнообразие, биоресурсы, экология», задание 10.2.02 «Проблемы биологических инвазий и паразитарных угроз в природных и антропогенно трансформированных экосистемах»), научно-исследовательской работы «Инвазивные фитопатогенные грибы, грибоподобные организмы и беспозвоночные животные на культивируемых и близкородственных дикорастущих растениях: статус в сообществах, распространение, диагностика» (№ гос. регистрации 20211704). Авторы выражают благодарность научному сотруднику отдела защиты растений Федерального исследовательского центра «Субтропический научный центр Российской академии наук» (г. Сочи, Россия) Т. С. Булгакову и заведующему кафедрой ботаники биологического факультета БГУ В. Н. Тихомирову за содействие в выполнении данной работы.

Образец цитирования:

Федюшко ИА, Храмцов АК. Морфолого-биологическая характеристика и распространение мучнисторосяного гриба *Erysiphe circaeae* L. Junell в Беларуси. *Экспериментальная биология и биотехнология*. 2024;1:41–53.
EDN: IQCNNC

For citation:

Fiadziushka IA, Khramtsov AK. Morphological and biological characteristics and distribution of the powdery mildew fungus *Erysiphe circaeae* L. Junell in Belarus. *Experimental Biology and Biotechnology*. 2024;1:41–53. Russian.
EDN: IQCNNC

Авторы:

Илья Александрович Федюшко – ассистент кафедры ботаники биологического факультета.
Александр Константинович Храмцов – кандидат биологических наук, доцент; доцент кафедры ботаники биологического факультета.

Authors:

Ilya A. Fiadziushka, assistant at the department of botany, faculty of biology.
fiadziushka.ilya@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3465-2432>
Alexander K. Khramtsov, PhD (biology), docent; associate professor at the department of botany, faculty of biology.
alexkhramtsov@mail.ru

MORPHOLOGICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND DISTRIBUTION OF THE POWDERY MILDEW FUNGUS *ERYSIPHE CIRCAEAE* L. JUNELL IN BELARUS

I. A. FIADZIUSHKA^a, A. K. KHRAMTSOV^a

^aBelarusian State University, 4 Niezaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: I. A. Fiadziushka (fiadziushka.ilya@gmail.com)

In the course of the studies, it was established that on the territory of republic, in the Southern and New agroclimatic regions, the powdery mildew fungus *Erysiphe circaeae* L. Junell on the *Circaea lutetiana* L. undergoes a development cycle, including both anamorph and teleomorph. For the first time the morphometric characteristics of the asexual and sexual development stages of the powdery mildew causative agent on broad-leaved enchanter's nightshade are studied using material from Belarus. Such information has not been published previously. The strict preferences of the fungi *E. circaeae* and *E. howeana* U. Braun with their host plants – *C. lutetiana* and *Oenothera biennis* L. respectively – is shown on the bases of comparative analysis of the conidia size. The herbophilic mycosinuria composition with the participation of the fungus *E. circaeae* is reviewed and the estimated localities of its occurrence on representatives of the genus *Circaea* in Belarus are indicated.

Keywords: *Erysiphe circaeae*; powdery mildew; *Circaea*; enchanter's nightshade; anamorph; teleomorph; phytopathogenic micromycetes; host plants; mycobiota; Belarus.

Acknowledgements. The work was carried out within the framework of the state programme of scientific research «Natural resources and environment» (subprogramme 10.2 «Biodiversity, bioresources, ecology», assignment 10.2.02 «Problems of biological invasions and parasitic threats in natural and anthropogenically transformed ecosystems»), research work «Invasive phytopathogenic fungi, fungi-like organisms and invertebrate animals on cultivated and closely related wild plants: status in communities, distribution, diagnostics» (state registration No. 20211704). The authors express their gratitude to T. S. Bulgakov, researcher at the department of plant protection, Federal Research Centre «Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences» (Sochi, Russia), as well as V. N. Tikhomirov, head of the department of botany, faculty of biology, Belarusian State University, for assistance in carrying out this work.

Введение

Гриб *Erysiphe circaeae* L. Junell (Erysiphaceae, Helotiales, Leotiomycetidae, Leotiomycetes, Pezizomycotina, Ascomycota, Fungi)¹ является облигатным паразитом растений рода *Circaea* (Onagraceae), вызывающим мучнистую росу [1; 2].

Л. Юнелл в 1967 г. описала *E. circaeae* на *C. lutetiana* L., используя материал, собранный в 1886 г. в Германии (г. Берлин, парк «Тиргартен») [3]. Данный микромицет обнаружен во многих странах Европы (Австрия, Бельгия, Болгария, Великобритания, Венгрия, Германия, Дания, Ирландия, Испания, Италия, Нидерланды, Норвегия, Португалия, Румыния, Сербия, Словакия, Франция, Чехия, Швейцария, Швеция и др.), а также на территории Азии (Армения, Грузия, Иран, российский Дальний Восток), Северной Америки (США)² и Австралии³ [2; 4–7]. Из числа государств, сопредельных с Беларусью, указанный паразит отмечен в Литве, Польше и Украине⁴ [2; 4; 8]. Кроме *C. lutetiana*⁵, гриб *E. circaeae* выявлен на *C. alpina* L., *C. × intermedia* Ehrh.⁶ и способен поражать их не только *in vivo*, но и *in vitro* [9; 10]. Все вышеперечисленные хозяева гриба *E. circaeae* встречаются на территории Беларуси [11]. Местами их произрастания являются сырые ельники, черноольшаники и смешанные леса (*C. alpina*), тенистые леса и кустарники (*C. × intermedia*), тенистые лиственные леса и кустарники, берега лесных ручьев, опушки черноольшаников, сырые тенистые овраги (*C. lutetiana*) [11].

¹*Erysiphe circaeae* L. Junell [Electronic resource] // Index Fungorum. URL: <https://www.indexfungorum.org/names/NamesRecord.asp?RecordID=330696> (date of access: 15.10.2023).

²*Erysiphe circaeae* L. Junell [Electronic resource] // Discover Life. URL: <https://www.discoverlife.org/mp/20q?search=Erysiphe+circaeae> (date of access: 16.10.2023).

³*Erysiphe circaeae* L. Junell [Electronic resource] // Global Biodiversity Information Facility database. URL: <https://www.gbif.org/r/species/2578386> (date of access: 15.10.2023).

⁴*Erysiphe circaeae* L. Junell [Электронный ресурс] // Грибы Украины. URL: <http://www.cybertruffle.org.uk/cgi-bin/robi.pl?glo=rus&location=UA&assoge=&assorg=&link=&organism=19206> (дата обращения: 05.10.2023).

⁵*Erysiphe circaeae* L. Junell [Electronic resource] // (Obligat) Phytoparasitische Kleinpilze. URL: <https://www.phytoparasiten.de/?s=Erysiphe+circaeae&submit=Suchen> (date of access: 25.09.2023).

⁶*Erysiphe circaeae* L. Junell [Electronic resource] // Plant parasites of Europe: leafminers, galls and fungi. URL: <https://bladmineerders.nl/parasites/fungi/dikarya/ascomycota/pezizomycotina/leotiomycetes/leotiomycetidae/helotiales/erysiphaceae/erysiphe/erysiphe-circaeae/> (date of access: 22.09.2023).

В монографии И. С. Гириловича «Мучнисторосяные грибы (порядок Erysiphales) Беларуси» (2018) нет сведений о грибе *E. circaeae* [12]. На территории республики данный микромицет впервые был зарегистрирован О. А. Лис в 2020 г. в республиканском ландшафтном заказнике «Мозырские овраги» на *C. lutetiana* (Новая агроклиматическая область, геоботаническая подзона широколиственно-сосновых лесов, Полесско-Приднепровский геоботанический округ, Припятско-Мозырский геоботанический район) (рис. 1) [13]. Однако морфометрические показатели обнаруженного патогена не были опубликованы. На собранном образце присутствовали анаморфа и зачаточные хазмотеции, что оставляло открытым вопрос о полном прохождении цикла развития нового для Беларуси гриба *E. circaeae*. Изучения также требовали морфометрические характеристики структур микромицета и его распространение в условиях республики.



Рис. 1. Местонахождения гриба *E. circaeae* на *C. lutetiana* в Беларуси
Fig. 1. The locations of the fungus *E. circaeae* on the *C. lutetiana* in Belarus

В 2023 г. И. А. Федюшко собрал образцы растений *C. lutetiana* с признаками мучнистой росы из другого локалитета Беларуси, а именно лесопарка «Альба», имеющего статус ботанического памятника природы республиканского значения (Южная агроклиматическая область, геоботаническая подзона грабово-дубово-темнохвойных лесов, Неманско-Предполесский геоботанический округ, Неманский геоботанический район) (см. рис. 1), и определил на них гриб *E. circaeae*, развивающийся как в анаморфе, так и в телеоморфе, со зрелыми хазмотециями. Выявление вышеуказанного паразита на всех стадиях жизненного цикла обусловило цель данной работы: изучить особенности строения и развития гриба *E. circaeae*, а также дополнить сведения о его распространении в условиях Беларуси.

Материалы и методы исследования

Работа выполнена на кафедре ботаники биологического факультета БГУ в 2023 г. Объектом исследования являлся фитопатогенный микромицет *E. circaeae*. Сбор материала осуществлялся с использованием маршрутного метода микологических и фитопатологических исследований [14]. Встречаемость гриба оценена по шкале Гааса [15]. Степень поражения растений патогеном определена по 5-балльной шкале [16]. Идентификация гриба *E. circaeae* и его растения-хозяина, измерение морфометрических показателей вышеуказанного микромицета, а также гриба *E. howeana* U. Braun выполнены методами световой микроскопии с использованием бинокулярных микроскопов Stemi-2000 (*Carl Zeiss*, Германия), Аxiostar (*Carl Zeiss*) и Микромед-2 (модель 2-20 inf.) (*Микромед*, Россия) и соответствующих определителей и монографий [1; 2; 4; 5; 9; 11; 17–19]. Окраска структур гриба *E. circaeae* уточнена по шкале цветов, приведенной в работе [20].

Для изучения изменчивости морфометрических характеристик гриба *E. circaeae* были использованы следующие критерии описательной статистики: $(\min -)Q_1 - Q_3(-\max)$, M_o , где \min – минимальное значение признака; $Q_1 - Q_3$ – межквартильный размах; \max – максимальное значение признака; M_o – мода. Определение нормальности распределения сравниваемых признаков (длина и ширина конидий) грибов *E. circaeae* и *E. howeana* осуществлялось с помощью одновыборочного критерия Колмогорова – Смирнова. Объемы выборок каждой из изучаемых структур грибов *E. circaeae* и *E. howeana* составляли не менее 25 шт. В связи с тем что анализируемые данные не подчинялись распределению по нормальному закону, применялся *U*-критерий Манна – Уитни для сравнения двух независимых выборок. Достоверными считались различия при уровне значимости $p < 0,05$. Для статистического анализа данных были использованы возможности языка программирования R и среды программирования RStudio (версия 4.2.3) [21]. Исходя из рекомендаций С. А. Симонян и В. И. Ульянищева, размеры конидий гриба *E. howeana* приводятся с коэффициентом поправки: 1,18 для длины, 1,26 для ширины [22].

Образцы микологического материала, использованного в работе (табл. 1 и 2), хранятся в микологической коллекции (MSKU-F) Гербария БГУ.

Таблица 1

Изученные образцы гриба *E. circaeae*

Table 1

Studied samples of the fungus *E. circaeae*

| Номер образца | Место сбора | Растение-хозяин | Дата сбора | Коллектор |
|---|--|---------------------------|------------|---------------|
| MSKU-F 13188 | Гомельская область, г. Мозырь, республиканский ландшафтный заказник «Мозырские овраги», смешанный лес | <i>C. lutetiana</i> s. l. | 29.06.2020 | О. А. Лис |
| MSKU-F 16997 | Минская область, Несвижский район, п. Альба, лесопарк «Альба», у канала, черноольшаник лещиново-снытевый | <i>C. lutetiana</i> s. l. | 10.08.2023 | И. А. Федюшко |
| MSKU-F 16999 | Минская область, Несвижский район, п. Альба, лесопарк «Альба», у канала, черноольшаник лещиново-снытевый | <i>C. lutetiana</i> s. l. | 29.08.2023 | И. А. Федюшко |
| MSKU-F 17009, MSKU-F 17010, MSKU-F 17011, MSKU-F 17012 | Минская область, Несвижский район, п. Альба, лесопарк «Альба», у канала, черноольшаник лещиново-снытевый | <i>C. lutetiana</i> s. l. | 08.10.2023 | И. А. Федюшко |
| MSKU-F 17013 | Минская область, Несвижский район, п. Альба, лесопарк «Альба», 500 м к востоку от центрального кольцевого рва, черноольшаник бузиново-снытевый | <i>C. lutetiana</i> s. l. | 08.10.2023 | И. А. Федюшко |

Таблица 2

Изученные образцы гриба *E. howeana*

Table 2

Studied samples of the fungus *E. howeana*

| Номер образца | Растение-хозяин | Коллектор |
|--|-----------------------------|-------------------|
| MSKU-F 1538, MSKU-F 1539, MSKU-F 1540, MSKU-F 1541, MSKU-F 1835, MSKU-F 1836, MSKU-F 1837/1, MSKU-F 1838, MSKU-F 1839, MSKU-F 1840, MSKU-F 2261, MSKU-F 2262, MSKU-F 2263, MSKU-F 3052, MSKU-F 3619, MSKU-F 5334, MSKU-F 5335 | <i>Oenothera biennis</i> L. | И. С. Гирилович |
| MSKU-F 8553, MSKU-F 9442, MSKU-F 10117 | <i>O. biennis</i> | А. К. Храмцов |
| MSKU-F 11580 | <i>O. biennis</i> | Е. Ф. Шишея |
| MSKU-F 12547 | <i>O. biennis</i> | В. Д. Сергейчик |
| MSKU-F 17014 | <i>O. biennis</i> | И. А. Федюшко |
| MSKU-F 12071 | <i>Oenothera</i> sp. | В. Д. Поликсенова |

Исследование образцов растений рода *Circaea* (табл. 3) на предмет поражения грибом *E. circaeae*, а также выяснение провизорных локалитетов нахождения данного микромицета в Беларуси проведено на материале флористической и микологической коллекций (MSKU-V и MSKU-F соответственно) Гербария БГУ.

Таблица 3

Изученные образцы растений рода *Circaea*

Table 3

Studied samples of the genus *Circaea*

| Номер образца | Коллектор* |
|--|---|
| <i>C. alpina</i> | |
| MSKU-V 10924 | Шестокова |
| MSKU-V 10932, MSKU-V 10985 | В. Парфёнов, Г. Вынаев, Л. Симонович |
| MSKU-V 10934 | Шипуля, Гутовский, Баргаш |
| MSKU-V 10935 | Цыбулько |
| MSKU-V 10936 | Нагорская |
| MSKU-V 10972, MSKU-V 10973 | Н. К. Кудряшева |
| MSKU-V 10978 | Нет информации о коллекторе |
| MSKU-V 10979 | С. Гошко, А. Илоин |
| MSKU-V 10980 | Захарова, Шульга |
| MSKU-V 10981 | А. С. Лобкович, Т. В. Лебедева |
| MSKU-V 10983, MSKU-V 10984, MSKU-V 10987 | Г. Вынаев |
| MSKU-V 10988, MSKU-V 10989 | С. Бабич |
| MSKU-V 10990, MSKU-V 10991 | Г. И. Зубкевич |
| MSKU-V 10992 | А. А. Слобожанина |
| MSKU-V 10993 | Э. А. Изергина |
| MSKU-V 10994 | Е. Я. Серова |
| MSKU-V 10995 | Т. А. Карабанова (Т. А. Сауткина) |
| MSKU-V 11044, MSKU-V 11045, MSKU-V 11047 | И. С. Лосоцкая |
| MSKU-V 11046 | А. К. Ефремкина |
| MSKU-V 13789, MSKU-V 13790 | М. В. Кочергина |
| MSKU-V 13899 | Л. Г. Симонович |
| MSKU-V 14458 | В. Храпицкая, Г. Бирич, М. Г. Кудряшова |
| MSKU-V 18395 | Ю. Жабко |
| MSKU-V 22113 | Н. А. Короленя |
| MSKU-V 27465 | Л. Книга |
| MSKU-V 28034 | Нет информации о коллекторе |
| MSKU-V 28661 | Ю. А. Бибиков |
| MSKU-V 29043, MSKU-V 29044 | И. С. Живицкая |
| MSKU-V 30677 | Ярец |
| MSKU-V 31191 | В. Н. Тихомиров |
| MSKU-V 31192 | Ю. А. Бибиков, Рябушева |
| MSKU-V 31193 | И. Ермилович |
| MSKU-V 42676, MSKU-V 42728 | А. Н. Мялик |
| MSKU-V 48868, MSKU-V 48869, MSKU-F 10051 | А. К. Храмцов |
| MSKU-F 13483, MSKU-F 13484, MSKU-F 13485, MSKU-F 13486, MSKU-F 13487, MSKU-F 13488, MSKU-F 13489, MSKU-F 13490, MSKU-F 13491, MSKU-F 13492, MSKU-F 13493, MSKU-F 13494, MSKU-F 13495, MSKU-F 13496, MSKU-F 13497, MSKU-F 13498, MSKU-F 13499 | И. С. Гирилович |

| Номер образца | Коллектор* |
|--|---------------------------|
| <i>C. × intermedia</i> | |
| MSKU-V 11038 | М. М. Мотыль |
| MSKU-V 31190 | Ю. А. Бибииков |
| <i>C. lutetiana</i> s. l. | |
| MSKU-V 1099, MSKU-V 10996, MSKU-V 17312 | Г. И. Зубкевич |
| MSKU-V 10998, MSKU-V 10999, MSKU-V 11000, MSKU-V 11001, MSKU-V 11037, MSKU-V 11042 | Н. К. Кудряшева |
| MSKU-V 11002, MSKU-V 11003 | В. Парфенов |
| MSKU-V 11004, MSKU-V 11009, MSKU-V 11010 | Г. Ф. Рыковский |
| MSKU-V 11005 | В. Парфенов, Л. Симонович |
| MSKU-V 11006, MSKU-V 11011 | Г. В. Вынаев |
| MSKU-V 11007 | В. В. Маврищев |
| MSKU-V 11008, MSKU-V 11012 | Шебеко |
| MSKU-V 11013 | Н. Козловская, Р. Штутина |
| MSKU-V 11039, MSKU-V 11040, MSKU-V 11041 | Журавлева |
| MSKU-V 11043 | Г. Вынаев, В. Гречухо |
| MSKU-V 13891 | Н. Козловская |
| MSKU-V 18649 | Т. А. Сауткина |
| MSKU-V 19339 | И. С. Жмойдяк |
| MSKU-V 20238 | Н. Сытько |
| MSKU-V 20799 | С. М. Кузьменкова |
| MSKU-V 21714 | М. М. Маньяков |
| MSKU-V 22110, MSKU-V 22111 | Н. А. Короленя |
| MSKU-V 25334 | И. А. Золоторева |
| MSKU-V 29049 | И. С. Живицкая |
| MSKU-V 30841, MSKU-F 13482 | И. С. Гирилович |
| MSKU-V 31194, MSKU-V 31977 | В. Н. Тихомиров |
| MSKU-V 31195, MSKU-V 31196, MSKU-V 31197, MSKU-V 31198 | Ю. А. Бибииков |
| MSKU-V 40248 | А. Н. Мялик |
| MSKU-V 40525, MSKU-V 40726, MSKU-V 42075, MSKU-V 44912, MSKU-F 16996, MSKU-F 16998 | И. А. Федюшко |
| <i>Circaea</i> sp. | |
| MSKU-V 31977 | В. Н. Тихомиров |

*Сведения о коллекторах указаны идентично данным, приведенным на гербарных этикетках.

Агроклиматическое зонирование Беларуси приведено по данным работы [23]. Геоботаническое районирование указано согласно изданию [24]. При определении координат местонахождений грибов и растений, а также составлении карт использовались возможности электронных ресурсов *SimpleMappr*⁷, *Figma*⁸ и *Google Maps*⁹. Латинские названия грибов даны в соответствии с базой данных Index Fungorum¹⁰, а латинские названия растений – в соответствии с базой данных Plants of the World Online¹¹.

⁷SimpleMappr: create free point maps for publications and presentations [Electronic resource]. URL: <https://www.simplemappr.net/#tabs=0/> (date of access: 01.10.2023).

⁸Figma: the collaborative interface design tool [Electronic resource]. URL: <https://www.figma.com/> (date of access: 01.10.2023).

⁹Google Maps [Electronic resource]. URL: <https://www.google.by/maps/> (date of access: 01.10.2023).

¹⁰Index Fungorum [Electronic resource]. URL: www.indexfungorum.org/names/Names.asp (date of access: 15.10.2023).

¹¹Plants of the World Online [Electronic resource] / Roayl Botanic Gardens, Kew. URL: <https://powo.science.kew.org/> (date of access: 15.10.2023).

Результаты и их обсуждение

В ходе проведенных исследований нами установлено, что на территории Беларуси, в Южной и Новой агроклиматических областях, гриб *E. circaeae* на *C. lutetiana* проходит цикл развития, включающий как анаморфу, так и телеоморфу. Встречаемость патогена в исследованных фитоценозах имеет оценку от 1 балла (единично) (июнь, республиканский ландшафтный заказник «Мозырские овраги») до 3 баллов (неравномерно, рассеянно) (октябрь, лесопарк «Альба»).

Гриб полностью покрывал пораженные органы (листья, стебли, цветоносы, цветоножки, плодоножки, плоды) растения-хозяина белым мучнистым налетом (рис. 2). Степень поражения растений в обоих локалитетах достигала 4 баллов (поражение охватывало более 50 % площади листа), причем такое эпифитотийное развитие болезни в республиканском ландшафтном заказнике «Мозырские овраги» было зарегистрировано уже в конце июня, что, вероятно, связано с более благоприятными климатическими условиями для гриба *E. circaeae* в Новой агроклиматической области.



Рис. 2. Гриб *E. circaeae* на *C. lutetiana* (лесопарк «Альба»):
 а – общий вид пораженных растений; б – мучнистая роса на листьях
 Fig. 2. Fungus *E. circaeae* on the *C. lutetiana* (forest park «Alba»):
 а – the general view of affected plants; б – powdery mildew on leaves

Результаты исследований показали, что у гриба *E. circaeae* в двух выявленных локалитетах на территории Беларуси отмечена разница во времени образования хазмотециев. Так, судя по изученным образцам, в республиканском ландшафтном заказнике «Мозырские овраги» (Новая агроклиматическая область) в конце июня патоген уже образовывал зачаточные хазмотеции, в то время как в лесопарке «Альба» (Южная агроклиматическая область) плодовых тел у него не фиксировалось даже в конце первой декады августа. Данный факт, вероятно, также можно связать с климатическими параметрами Новой агроклиматической области, которые способствовали более ранним срокам протекания полового процесса и образования плодовых тел у исследуемого микромицета.

К концу августа в лесопарке «Альба» у гриба *E. circaeae* отмечено наличие зрелых хазмотециев преимущественно на нижних сторонах пораженных листовых пластинок. Позже, в первой декаде октября, помимо обильного конидиального спороношения, выявлены многочисленные плодовые тела по обеим сторонам листовых пластинок (рис. 3, а и б). Некоторые исследователи пишут об образовании хазмотециев грибом *E. circaeae* преимущественно на междоузлиях стебля [5]. Следует отметить, что на проанализированных нами образцах плодовые тела зафиксированы на всех пораженных органах, но особенно многочисленными они были на листьях.

Изучение образцов растений рода *Circaea*, хранящихся в флористической коллекции (MSKU-V) Гербария БГУ, не выявило на них признаков мучнистой росы.

Ниже приводится краткая морфологическая характеристика гриба *E. circaeae*, составленная авторами данной работы по результатам изучения его образцов, собранных на территории Беларуси.

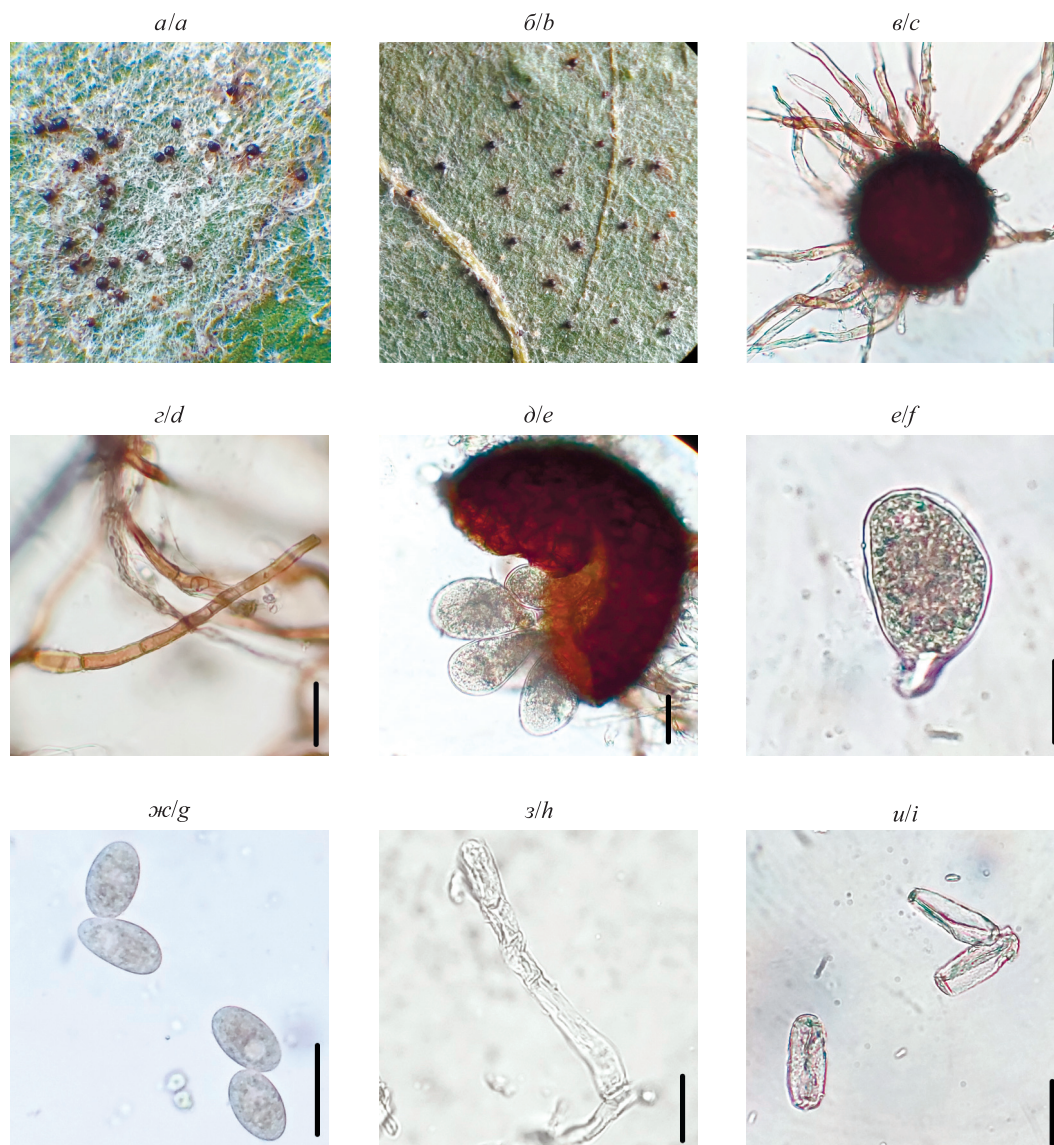


Рис. 3. Структуры гриба *E. circaeae* на разных стадиях его жизненного цикла в условиях Беларуси: а – верхняя сторона листа *C. lutetiana* с хазмотециями; б – нижняя сторона листа *C. lutetiana* с хазмотециями; в – хазмотеций; г – фрагменты придатков; д – вскрытый хазмотеций и аски; е – аск; ж – аскоспоры; з – конидиеносец с конидией; и – конидии. Длина штрихов составляет 25 мкм

Fig. 3. Structures of the fungus *E. circaeae* on different stages of its life cycle in Belarus: а – *C. lutetiana* the upper leaf's side with chasmothecia; б – *C. lutetiana* the under leaf's side with chasmothecia; в – chasmothecium; д – appendages' fragments; е – open chasmothecium and asci; ф – asc; г – spores; h – conidiophore with conidium; и – conidia. The bar's length 25 µm

***Erysiphe circaeae* L. Junell, Svensk Bot. Tidskr. 61(1): 224 (1967)**

Syn.: *E. polygoni* auct. p. p., *E. communis* auct. p. p., *E. communis* f. *circaeae* Hammarl., Hereditas 6: 36 (1925).

Мицелий белый с сероватым оттенком, нежный, слабомучнистый, на обеих сторонах листьев, а также на стеблях, цветоносах, цветоножках, плодоножках, плодах растения-хозяина. Анаморфа развивается по типу *Pseudoidium*. Конидиеносцы прямые, длиной (63,8–)75,0–82,5(–87,5) мкм, с прямыми или слегка извилистыми, почти цилиндрическими базальными клетками. Конидии от эллипсоидальных до эллипсоидально-цилиндрических, размером (20,0–)30,0–37,5(–45,0) × (10,0–)12,5–15,0(–20,0) мкм, отношение длины к ширине (1,4–)2,0–2,8(–4,5). Хазмотеции многочисленные, полушаровидные, разбросанные или собранные в группы на всех пораженных органах, в том числе на верхней и нижней поверхностях листовых пластинок, от шоколадно-бурых и темно-коричневых (в проходящем свете) до черных (в отраженном свете), диаметром (70,0–)85,9–99,1(–111,3) мкм. Придатки базальные, мицелиевидные, простые, изредка неправильно ветвящиеся, прямые или извилистые, септированные, мо-

лодые – бесцветные, зрелые – коричневые, размером $(12,5-51,6-153,4(-300,0) \times 5,0(-10,0)$ мкм. Аски эллипсоидальные или яйцевидные, преимущественно неравнобокие, на коротких ножках, размером $(50,0-57,5-65,0(-77,5) \times (25,0-30,0-42,5(-52,5)$ мкм, 3–6-споровые, находятся в хазмотеции по 2–6 шт. Аскоспоры эллипсоидальные, редко яйцевидные, темно-пепельные или темно-пепельно-серые; их размеры с ножкой $(12,5-20,0-25,0(-27,5) \times (7,5-12,5-15,0)$ мкм (см. рис. 3).

Сравнение морфометрических характеристик структур гриба *E. circaeae*, полученных нами, с данными других исследователей показало их сходство практически по всем показателям, кроме длины асков (табл. 4). Значения этого параметра, представленные в настоящей работе, в 1,14–1,15 раза превышают его значения, приводимые в изученных нами источниках, за исключением данных Б. Салаты, который исследовал образцы гриба *E. circaeae*, собранные на территории Польши (см. табл. 4) [8].

На изученных экземплярах двулепестника парижского вместе с возбудителем мучнистой росы обнаружены грибы рода *Alternaria*, которые были приурочены к отмершим участкам цветоножек и верхушкам побегов. Кроме того, на листьях *C. lutetiana*, пораженных грибом *E. circaeae*, выявлено развитие ржавчинного гриба *Puccinia circaeae* Pers. (рис. 4). Следует отметить, что при совместном развитии со ржавчиной интенсивность поражения двулепестника парижского мучнистой росой не превышала 2 баллов, в то время как на растениях, пораженных только грибом *E. circaeae*, этот показатель составил 4 балла. Вероятно, это связано с более поздним (в сравнении с ржавчинным грибом) заселением субстрата мучнисторосяным грибом. В данной гербофильной микосинузии у мучнисторосяного гриба отмечен менее интенсивный налет, что, однако, не сказалось на образовании у патогена хазмотециев, асков и аскоспор как результата полового процесса.



Рис. 4. Двулепестник парижский, пораженный грибами *E. circaeae* и *P. circaeae* (вид с верхней стороны листовых пластинок; стрелками показаны места пустул возбудителя ржавчины)

Fig. 4. Enchanter's nightshade affected by the fungi *E. circaeae* and *P. circaeae* (view from the upper side of the leaf blades; arrows indicate the places of the rust pathogen pustules)

В научной литературе есть сведения о возможности паразитирования гриба *E. circaeae* на растениях других родов семейства Onagraceae, в частности на представителях рода *Oenothera*, а именно *O. biennis* [4; 8; 25]. Для Беларуси на ослиннике двулетнем указывается только один паразит из числа мучнисторосяных грибов – *E. howeana*, который до настоящего времени развивается на территории республики только в анаморфе [12]. Проведенный нами сравнительный анализ размеров конидий грибов *E. circaeae* и *E. howeana* дает возможность говорить о статистически достоверном различии длины и ширины конидий у этих двух грибов на изученных образцах (табл. 5), что согласуется с описаниями указанных микромицетов, сделанными другими исследователями (см. табл. 4) [2; 12]. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что на изученном нами материале вида *O. biennis*, собранном на территории Беларуси, представлен только гриб *E. howeana*, тогда как гриб *E. circaeae* приурочен к *C. lutetiana*. Подобное заключение согласуется с информацией о хозяевах вышеуказанных грибов, появившейся в литературных источниках [2].

Таблица 4

Морфометрические показатели структур гриба *E. circaeae* по данным разных авторов

Table 4

Morphometric indicators of the structures of the fungus *E. circaeae* according to various authors

| Длина конидиеносца, мкм | Длина конидии, мкм | Ширина конидии, мкм | Отношение длины конидии к ее ширине | Диаметр хазмотеция, мкм | Ширина придатка, мкм | Длина аска, мкм | Ширина аска, мкм | Длина аскоспоры, мкм | Ширина аскоспоры, мкм | Источник |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|
| - | - | - | - | 75-90 | - | 45-50 | 35-40 | 20 | 10 | [9] |
| - | 30-46 | 14-20 | - | 70-105 | 4-9 | 45-65 | 30-40 | 18-23 | 10-12 | [3] |
| - | 30-35 | 15-16 | - | 100 | - | - | - | 20-23 | 11-12 | [17] |
| - | 26-42 | 14-20 | - | 76-120 | - | 50-68 | 32-47 | 18-26 | 10-14 | [8] |
| - | 26-42 | 12-20 | - | 75-120 | - | 46-65 | 32-45 | 18-25 | 10-14 | [4] |
| - | 32-35 | 14-16 | - | 80-105 | - | 45-50 | 35-40 | 20-23 | 11-12 | [18] |
| - | 27-37 | 12-17 | 2,1-2,4 | 80-110 | - | 40-60 | 25-40 | 18-21 | 10-12 | [5] |
| - | 29-44 | 14-20 | - | 70-105 | - | 45-65 | 30-40 | 18-24 | 10-13 | [7] |
| - | 30-46 | 14-20 | - | 70-105 | 4-9 | 45-65 | 30-40 | 18-23 | 10-12 | [1] |
| - | (26-)30-42(-46) | (12-)14-20 | 1,6-2,6 | (70-)75-105(-120) | - | 46-65 | 32-45 | 18-23(-25) | 10-12(-14) | [2] |
| (63,8-75,0-82,5(-87,5) | (20,0-)30,0-37,5(-45,0) | (10,0-)12,5-15,0(-20,0) | (1,4-)2,0-2,8(-4,5) | (70,0-)85,9-99,1(-111,3) | 5,0(-10,0) | (50,0-)57,5-65,0(-77,5) | (25,0-)30,0-42,5(-52,5) | (12,5-)20,0-25,0(-27,5) | (7,5-)12,5-15,0 | Настоящая работа |

Примечание. Прочерк обозначает отсутствие данных.

Таблица 5

Результаты сравнительного анализа морфометрических показателей конидий грибов *E. circaeae* и *E. howeana*

Table 5

Results of a comparative analysis of the conidia morphometric parameters of the fungi *E. circaeae* and *E. howeana*

| Гриб | Длина конидий, мкм | Ширина конидий, мкм | Отношение длины конидий к их ширине |
|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>E. circaeae</i> | (20,0–)30,0–37,5(–45,0) Mo = 37,5 | (10,0–)12,5–15,0(–20,0) Mo = 15,0 | (1,4–)2,0–2,8(–4,5) Mo = 2,3 |
| <i>E. howeana</i> | (20,6–)29,4–33,0(–44,2) Mo = 29,5 | (10,6–)15,8–18,9(–23,0) Mo = 15,8 | (1,3–)1,5–1,9(–2,8) Mo = 1,9 |

Примечание. Для приведенных данных $p < 0,05$.

Полученные нами сведения о размерах конидий гриба *E. circaeae* подтверждают наиболее характерную особенность анаморфы данного вида, ранее отмеченную исследователями, – наличие длинных и тонких конидий (см. табл. 4) [5].

Принимая во внимание широкое распространение гриба *E. circaeae* в европейских странах, расположенных южнее, западнее и севернее Беларуси, и отсутствие до последнего времени информации о таковом восточнее ее территории (европейская часть России), можно предположить, что этот микромицет является чужеродным для республики. Учитывая высокую степень изученности разнообразия мучнисторосяных грибов в Беларуси, что отражено в специализированной монографии [12], а также отсутствие до 2020 г. сведений о грибе *E. circaeae* в республике, вероятно, можно считать его недавно проникнувшим на территорию страны. Вышеуказанный паразит распространился, по всей видимости, с воздушными массами и транспортными потоками и поразил одного из своих потенциальных хозяев – аборигенное растение *C. lutetiana* [12; 26].

С учетом паразитирования гриба *E. circaeae* на представителях рода *Circaea* нами сделан прогноз относительно возможных локалитетов выявления этого микромицета на территории Беларуси, основанный на местонахождениях потенциальных растений-хозяев – *C. alpina*, *C. lutetiana*, *C. × intermedia* и *Circaea* sp. (рис. 5).

Выявление в Беларуси новых местонахождений и хозяев гриба *E. circaeae* позволит детальнее изучить распространение данного микромицета на территории республики и уточнить его статус в фитоценозах.

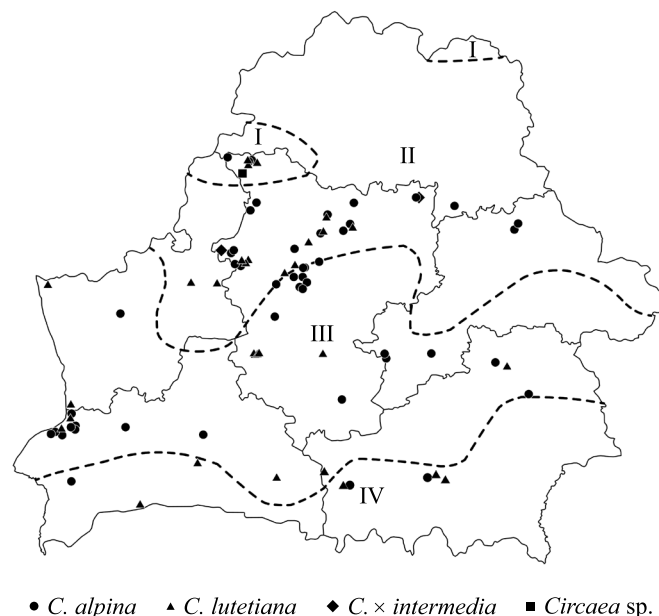


Рис. 5. Локалитеты выявления представителей рода *Circaea* в Беларуси (по материалам Гербария БГУ). Обозначения областей см. на рис. 1

Fig. 5. Localities for identifying representatives of genus *Circaea* in Belarus (based on materials from the Herbarium of the Belarusian State University). Area designations see on fig. 1

Заклучение

Проведенные исследования показали, что новый для микобиоты Беларуси гриб *E. circaeae* в выявленных местообитаниях развивается как в анаморфе, так и в телеморфе. Он трофически связан с растением *C. lutetiana*, но, вероятно, может быть обнаружен и на других представителях рода *Circaea*. Сравнительный анализ морфометрических показателей конидий грибов *E. circaeae* и *E. howeana* позволяет утверждать о строгой приуроченности их к своим растениям-хозяевам – *C. lutetiana* и *O. biennis* соответственно.

Приведенная информация о грибе *E. circaeae* дополняет данные о его развитии, морфометрических характеристиках, распространении и может быть учтена при инвентаризации микобиоты Беларуси.

Библиографические ссылки

1. Braun U, Cook RTA. *Taxonomic manual of the Erysiphales (powdery mildews)*. Utrecht: CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre; 2012. 707 p. (CBS biodiversity series; volume 11).
2. Гелюта ВП. Критичний перегляд видового складу борошнисторосяних грибів (Erysiphaceae, Ascomycota) України: *Erysiphe* sect. *Erysiphe*. *Український ботанічний журнал*. 2023;80(1):21–63. DOI: 10.15407/ukrbotj80.01.021.
3. Junell L. A revision of *Erysiphe communis* [Wallr.] Fr. sensu Blumer. *Svensk Botanisk Tidskrift*. 1967;61(1):209–230.
4. Гелюта ВП. *Флора грибов Украины. Мучнисторосяные грибы = Flora fungorum RSS Ucrainicae. Ascomycetes, Erysiphales*. Киев: Наукова думка; 1989. 256 с.
5. Симонян СА. *Микофлора Армении. Том 7, Мучнисторосяные грибы Армении (пор. Erysiphales)*. Ереван: Издательство Академии наук Армении; 1994. 385 с.
6. Petřeková V. *Příprava miniatlasu zástupců padlí (řád Erysiphales)* [dissertation]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci; 2014. 138 s.
7. Paulech C. *Mycota (Huby), Ascomycetes (Vreckaté), Erysiphales (Múčnatkotvaré)*. Bratislava: Veda; 1995. 294 s. (Flóra Slovenska; zväzok 10, zošit 1).
8. Sałata B. *Flora Polska. Grzyby (Mycota). Tom 15, Workowce (Ascomycetes). Mączniakowe (Erysiphales)*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe; 1985. 246 s.
9. Ячевский АА. *Карманный определитель грибов. Выпуск 2, Мучнисторосяные грибы*. Ленинград: Типография Главного ботанического сада; 1927. 626 с.
10. Hammarlund C. Zur Genetik, Biologie und Physiologie einiger Erysiphaceen. *Hereditas*. 1925;6(1):1–126. DOI: 10.1111/j.1601-5223.1925.tb03137.x.
11. Сауткина ТА, Третьяков ДИ, Зубкевич ГИ, Козловская НВ, Парфенов ВИ, Блажевич РЮ и др. *Определитель высших растений Беларуси*. Парфенов ВИ, редактор. Минск: Дизайн ПРО; 1999. 472 с.
12. Гирилович ИС. *Мучнисторосяные грибы (порядок Erysiphales) Беларуси*. Минск: БГУ; 2018. 279 с.
13. Храмов АС, Поликсенова ВД, Лемеза НА, Лис ОА. Дополнение к перечню чужеродных фитопатогенных микромицетов Беларуси. В: Матусевич НМ, Шкуратова НВ, Левковская МВ, редакторы. *Проблемы оценки, мониторинга и сохранения биоразнообразия. Сборник материалов IV Республиканской научно-практической экологической конференции; 25 ноября 2021 г.; Брест, Беларусь*. Брест: Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина; 2021. с. 77–80.
14. Юрцев БА, редактор. *Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. Материалы II рабочего совещания по сравнительной флористике; 20–24 сентября 1983 г.; Неринга, Литва*. Ленинград: Наука; 1987. 296 с.
15. Великанов ЛЛ, Сидорова ИИ, Успенская ГД. *Полевая практика по экологии грибов и лишайников*. Москва: Издательство Московского университета; 1980. 112 с.
16. Хохряков МК, Потлайчук ВИ, Семенов АЯ, Элбакян МА. *Определитель болезней сельскохозяйственных культур*. Ленинград: Колос; 1984. 304 с.
17. Ellis MB, Ellis JP. *Microfungi on land plants: an identification handbook*. London: Croom Helm; 1985. 818 p.
18. Азбукина ЗМ, редактор. *Низшие растения, грибы и мохообразные советского Дальнего Востока. Грибы. Том 2, Аскомицеты: эризифальные, клавиципитальные, гелоциальные*. Ленинград: Наука; 1991. 394 с.
19. Дудка ИА, Вассер СП, Элланская ИА, Коваль ЭЗ, Горбик ЛТ, Никольская ЕА и др. *Методы экспериментальной микологии*. Билай ВИ, редактор. Киев: Наукова думка; 1982. 550 с.
20. Бондарцев АС. *Трутовые грибы европейской части СССР и Кавказа*. Савич ВП, редактор. Москва: Издательство Академии наук СССР; 1953. 1107 с.
21. Кабаков РИ. *R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R*. Волкова А, переводчик. Москва: ДМК-пресс; 2014. 588 с.
22. Симонян СА, Ульянищев ВИ. Некоторые аспекты систематики мучнисторосяных грибов. *Микология и фитопатология*. 1983;17(2):151–157.
23. Мельник В, Яцухно В, Денисов Н, Николаева Л, Фалолеева М. *Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата в рамках разработки национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь*. Минск: [б. и.]; 2017. 83 с.
24. Юркевич ИД, Гельтман ВС, редакторы. *Растительный покров Белоруссии (с картой м. 1 : 1 000 000)*. Минск: Наука и техника; 1969. 176 с.
25. Dypnowska M, Fiedorowicz G, Kubiak D. Contributions to the distribution of *Erysiphales* in Poland. *Acta Mycologica*. 1999; 34(1):79–88. DOI: 10.5586/am.1999.006.
26. Дубовик ДВ, Савчук СС, Скуратович АН, Сысой ИП, Чумаков ЛС, Яковлева ИМ и др. *Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения*. Парфенов ВИ, Пугачевский АВ, редакторы. Минск: Беларуская навука; 2020. 407 с.

References

- Braun U, Cook RTA. *Taxonomic manual of the Erysiphales (powdery mildews)*. Utrecht: CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre; 2012. 707 p. (CBS biodiversity series; volume 11).
- Heluta VP. A critical revision of the powdery mildew fungi (Erysiphaceae, Ascomycota) of Ukraine: *Erysiphe* sect. *Erysiphe*. *Ukrainian Botanical Journal*. 2023;80(1):21–63. Ukrainian. DOI: 10.15407/ukrbotj80.01.021.
- Junell L. A revision of *Erysiphe communis* [Wallr.] Fr. sensu Blumer. *Svensk Botanisk Tidskrift*. 1967;61(1):209–230.
- Heluta VP. *Flora fungorum RSS Ucrainicae. Ascomycetes, Erysiphales*. Kyiv: Naukova dumka; 1989. 256 p. Russian.
- Simonyan SA. *Mikoflora Armenii. Tom 7, Muchnistorosyanye gryby Armenii (por. Erysiphales)* [Mycoflora of Armenia. Volume 7, Powdery mildew fungi of Armenia (or. Erysiphales)]. Yerevan: Publishing House of the Academy of Sciences of Armenia; 1994. 385 p. Russian.
- Petrěková V. *Příprava miniatlasu zástupců padlí (řád Erysiphales)* [dissertation]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci; 2014. 138 s.
- Paulech C. *Mycota (Huby), Ascomycetes (Vreckaté), Erysiphales (Múčnatkotvaré)*. Bratislava: Veda; 1995. 294 s. (Flóra Slovenska; zväzok 10, zošit 1).
- Salata B. *Flora Polska. Grzyby (Mycota). Tom 15, Workowce (Ascomycetes). Mączniakowe (Erysiphales)*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe; 1985. 246 s.
- Yachevskii AA. *Karmannyi opredelitel' gribov. Vypusk 2, Muchnistorosyanye gryby* [Pocket identification of mushrooms. Issue 2, Powdery mildew fungi]. Leningrad: Tipografiya Glavnogo botanicheskogo sada; 1927. 626 p. Russian.
- Hammarlund C. Zur Genetik, Biologie und Physiologie einiger Erysiphaceen. *Hereditas*. 1925;6(1):1–126. DOI: 10.1111/j.1601-5223.1925.tb03137.x.
- Sautkina TA, Tret'yakov DI, Zubkevich GI, Kozlovskaya NV, Parfenov VI, Blazhevich RYu, et al. *Opredelitel' vysshikh rastenii Belarusi* [Determinant of higher plants of Belarus]. Parfenov VI, editor. Minsk: Dizain PRO; 1999. 472 p. Russian.
- Girilovich IS. *Muchnistorosyanye gryby (porjadok Erysiphales) Belarusi* [Powdery mildew fungi (order Erysiphales) of Belarus]. Minsk: Belarusian State University; 2018. 279 p. Russian.
- Khrantsov AK, Poliksenova VD, Lemeza NA, Lis OA. [Addition to the list of alien phytopathogenic micromycetes of Belarus]. In: Matusevich NM, Shkuratova NV, Levkovskaya MV, editors. *Problemy otsenki, monitoringa i sokhraneniya bioraznobraziya. Sbornik materialov IV Respublikanskoj nauchno-prakticheskoi ehkologicheskoi konferentsii; 25 noyabrya 2021 g.; Brest, Belarus'* [Problems of assessment, monitoring and conservation of biodiversity. Collection of materials of the 4th Republican scientific-practical environmental conference; 2021 November 25; Brest, Belarus]. Brest: Brest State A. S. Pushkin University; 2021. p. 77–80. Russian.
- Yurtsev BA, editor. *Teoreticheskie i metodicheskie problemy sravnitel'noi floristiki. Materialy II rabochego soveshchaniya po sravnitel'noi floristike; 20–24 sentyabrya 1983 g.; Neringa, Litva* [Theoretical and methodological problems of comparative floristry. Materials of the 2nd workshop on comparative floristry; 1983 September 20–24; Neringa, Lithuania]. Leningrad: Nauka; 1987. 296 p. Russian.
- Velikanov LL, Sidorova II, Uspenskaya GD. *Polevaya praktika po ehkologii gribov i lishainikov* [Field practice on ecology of fungus and lichens]. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta; 1980. 112 p. Russian.
- Khokhryakov MK, Potlaichuk VI, Semenov AY, Ehlbakyana MA. *Opredelitel' boleznei sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* [Determinant of diseases of agricultural crops]. Leningrad: Kolos; 1984. 304 p. Russian.
- Ellis MB, Ellis JP. *Microfungi on land plants: an identification handbook*. London: Croom Helm; 1985. 818 p.
- Azbukina ZM, editor. *Nizshie rasteniya, gryby i mokhoobraznye sovet'skogo Dal'nego Vostoka. Gryby. Tom 2, Askomitsety: ehri-zifal'nye, klavitsipital'nye, gelotsial'nye* [Lower plants, fungi and bryophytes of the Soviet Far East. Fungi. Volume 2, Ascomycetes: erysiphid, clavicipital, helocidal]. Leningrad: Nauka; 1991. 394 p. Russian.
- Dudka IA, Vasser SP, Ehlhanskaya IA, Koval' EZ, Gorbik LT, Nikol'skaya EA, et al. *Metody ehksperimental'noi mikologii* [Methods of experimental mycology]. Bilai VI, editor. Kyiv: Naukova dumka; 1982. 550 p. Russian.
- Bondartsev AS. *Trutovye gryby evropeiskoi chasti SSSR i Kavkaza* [Polypore fungi of the European part of the USSR and the Caucasus]. Savich VP, editor. Moscow: Izdatel'stvo Akademii nauk SSSR; 1953. 1107 p. Russian.
- Kabakov RI. *R v deistvii. Analiz i vizualizatsiya dannykh v programme R* [R in action. Analysis and visualization of data in the program R]. Volkova A, translator. Moscow: DMK-press; 2014. 588 p. Russian.
- Simonyan SA, Ulyanishchev VI. [Some aspects of the systematics of powdery mildew fungi]. *Mycology and Phytopathology*. 1983;17(2):151–157. Russian.
- Mel'nik V, Yatsukhno V, Denisov N, Nikolaeva L, Faloleeva M. *Agroklimaticheskoe zonirovaniye territorii Belarusi s uchptom izmeneniya klimata v ramkakh razrabotki natsional'noi strategii adaptatsii sel'skogo khozyaistva k izmeneniyu klimata v Respublike Belarus'* [Agriculture climate change zoning in Belarus as part of the development of a national strategy for adaptation of agriculture to climate change in the Republic of Belarus]. Minsk: [s. n.]; 2017. 83 p. Russian.
- Yurkevich ID, Gel'tman VS, editors. *Rastitel'nyi pokrov Belorussii (s kartoi m. 1 : 1 000 000)* [Vegetation cover of Belarus (with map scale 1 : 1 000 000)]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1969. 176 p. Russian.
- Dynowska M, Fiedorowicz G, Kubiak D. Contributions to the distribution of *Erysiphales* in Poland. *Acta Mycologica*. 1999; 34(1):79–88. DOI: 10.5586/am.1999.006.
- Dubovik DV, Savchuk SS, Skuratovich AN, Sysoi IP, Chumakov LS, Yakovleva IM, et al. *Chernaya kniga flory Belarusi: chuzherodnye vredonosnye rasteniya* [Black Book of the flora of Belarus: alien harmful plants]. Parfenov VI, Pugachevskii AV, editors. Minsk: Belaruskaja navuka; 2020. 407 p. Russian.

Получена 31.10.2023 / исправлена 21.11.2023 / принята 21.11.2023.
Received 31.10.2023 / revised 21.11.2023 / accepted 21.11.2023.