

ISSN 1029-8940 (Print)

ISSN 2524-230X (Online)

УДК 591.69:582.282.168.3:595.771(476)(282)

<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-1-43-49>

Поступила в редакцию 22.07.2019

Received 22.07.2019

Д. В. Довнар¹, Е. Н. Янковская², Д. В. Войтка², О. Ю. Баранов³,
В. М. Каплич⁴, А. В. Кантерова⁵

¹Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Минск, Республика Беларусь

²Институт защиты растений НАН Беларуси, аг. Прилуки, Минский район, Республика Беларусь

³Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Республика Беларусь

⁴Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь

⁵Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

РЕГИСТРАЦИЯ ЭНТОМОПАТОГЕННОГО МИКРОМИЦЕТА *CORDYCEPS* SP. В КРОВОСОСУЩИХ МОШКАХ *WILHELMIA EQUINA* (LINNAEUS, 1758)

Аннотация. Из пораженных личинок кровососущих мошек *Wilhelmia equina* (Linnaeus, 1758), собранных на территории Лепельского района Витебской области в р. Эсса в июле 2018 г., выделен энтомопатогенный гриб рода *Cordyceps*. Изолят идентифицировали с использованием культурально-морфологических и молекулярно-генетических методов.

В опытах *in vitro* проведена сравнительная оценка биологической активности выделенного штамма *Cordyceps* sp. BGTU и штамма *Beauveria bassiana* 10-06 в отношении личинок старших возрастов кровососущих мошек *W. equina*. Использовали две концентрации – 1·10⁶ и 1·10⁷ конидий/мл. На 3-и сутки инкубации оба гриба вызвали значительное повышение уровня смертности у тест-объектов ($p = 0,03$) по сравнению с контролем. Биологическая эффективность концентрации 10⁷ конидий/мл штамма *Beauveria bassiana* 10-06 на 3-и сутки составила 94,4 %, на 4-е – 98,3 %, штамма *Cordyceps* sp. – 76,0 и 88,9 % соответственно.

Ключевые слова: энтомопатогенные грибы, аскомицеты (Ascomycetes), Simuliidae, Cordycipitaceae, *Isaria*, *Beauveria bassiana*, биологическая эффективность

Для цитирования: Регистрация энтомопатогенного микромицета *Cordyceps* sp. в кровососущих мошках *Wilhelmia equina* (Linnaeus, 1758) / Д. В. Довнар [и др.] // Вест. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2020. – Т. 65, № 1. – С. 43–49. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-1-43-49>

Darya V. Dovnar¹, Elena N. Yankovskaya², Dmitry V. Voitka², Oleg Yu. Baranov³,
Valeriy M. Kaplich⁴, Hanna V. Kanterova⁵

¹Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus

²Institute of Plant Protection of the National Academy of Sciences of Belarus, a/c Priluki, Minsk District,
Republic of Belarus

³Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Republic of Belarus

⁴Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus

⁵Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

REGISTRATION OF ENTOMOPATOGENIC MICROMYCETE *CORDYCEPS* SP. IN BLOODSUCKING BLACKFLIES *WILHELMIA EQUINA* (LINNAEUS, 1758)

Abstract. An entomopathogenic fungi belonging to the genus *Cordyceps* was isolated from the affected larvae of the bloodsucking blackflies *Wilhelmia equina* (Linnaeus, 1758). Larval stage of Simulium were collected on the territory of the Lepel district of the Vitebsk region in the river Essa in July 2018. Isolate was identified using cultural-morphological and molecular-genetic methods.

In vitro experiments comparative evaluation of biological activity of isolated strain *Cordyceps* sp. and *Beauveria bassiana* 10-06 was carried out for 3rd instar larvae of *W. equina*. Two different concentrations 1·10⁶ and 1·10⁷ conidia/ml were made and tested in 3 replications. On the 3rd day of incubation both fungi caused a significant mortality of test-objects ($p = 0.03$) compared to control. The biological efficiency of the concentration of 10⁷ conidia/ml of the strain *Beauveria bassiana* 10-06 on the 3rd day was 94.4 %, on the 4th – 98.3 %, of the strain *Cordyceps* sp. – 76.0 and 88.9 % respectively.

Keywords: entomopathogenic fungi, Ascomycetes, Simuliidae, Cordycipitaceae, *Isaria*, *Beauveria bassiana*, biological efficiency

For citation: Dovnar D. V., Yankovskaya E. N., Voitka D. V., Baranov O. Yu., Kaplich V. M., Kanterova H. V. Registration of entomopathogenic micromycete *Cordyceps* sp. in bloodsucking blackflies *Wilhelmia equina* (Linnaeus, 1758). *Vestsi Natsyonal'nei akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnych navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2020, vol. 65, no. 1, pp. 43–49 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-1-43-49>

Введение. Мошки сем. Simuliidae представляют собой угрозу для здоровья человека и животных. Их укусы могут спровоцировать возникновение аллергической реакции, вызвать боль и раздражение. Слюна мошек очень токсична и вызывает такое самостоятельное заболевание, как симулиидотоксикоз. Вред от мошек усугубляется и тем, что они являются переносчиками возбудителей ряда заболеваний: онхоцеркозов крупного рогатого скота, оленей и человека; гемоспоридиозов птиц; анаплазмоза; туляремии; лихорадки Западного Нила и др. [1, 2].

Для защиты от симулиид используется не только химический метод, но и экологически безопасный и безвредный для человека микробиологический метод, основанный на использовании энтомопатогенных микроорганизмов, среди которых важная роль отводится энтомопатогенным грибам, которые способны поражать широкий спектр насекомых-хозяев на разных стадиях развития, распространяться в популяции насекомых, приводя к сокращению их численности [3–5].

В настоящее время известно более 700 видов грибов [6], способных поражать насекомых и клещей. Спектр перспективных энтомопатогенных микроорганизмов постоянно расширяется.

У мошек паразитируют представители грибов и грибоподобных организмов классов Аскомицеты, Хитридиомицеты, Гифомицеты, Трихомицеты, Зигомицеты и Оомицеты [7–10]. *Tolypodium inflatum* W. Gams (1971) и *Entomophthora lairdii* Maff & Nolan (1977) обладают избирательным действием и значительной инфекционностью по отношению к мошкам и рекомендованы для производства микоинсектицидных препаратов [11, 12].

Цель настоящей работы – изучение патогенной микобиоты личинок кровососущих мошек, морфологическая и молекулярно-генетическая идентификация выделенного изолята энтомопатогенного гриба и оценка его активности в отношении кровососущих мошек сем. Simuliidae как потенциального микробиологического агента контроля численности кровососов.

Материалы и методы исследования. Сборы преимагинальных фаз мошек осуществляли, используя стандартные методы – ручной сбор из водотоков [13, 14]. Температура воды в водотоке во время сбора преимагинальных фаз симулиид составляла 18–19 °С. Видовую идентификацию симулиид проводили по И. А. Рубцову [13], А. В. Янковскому [15] и В. М. Капличу с соавт. [16]. Выделение чистой мицелиальной культуры и ее идентификацию до уровня рода выполнены по методике Э. З. Коваль [17] и Н. П. Кутафьевой [7]. Молекулярно-таксономическая идентификация изолята микромицета проводилась на основании секвенирования региона рДНК, содержащего локусы 18S рРНК (фрагмент), ВТС1, 5.8SpРНК, ВТС2, 28SpРНК (фрагмент), и последующего сравнения полученных нуклеотидных последовательностей с депонентами международной базы данных Gene Bank NCBI [18, 19].

Измерение морфологических структур осуществляли при помощи микроскопа Zeiss Axio Imager.A1. Фотофиксацию объектов производили цифровой камерой AxioCam MRc с увеличением микроскопа 10×40, 15×40.

В условиях *in vitro* определяли биологическую эффективность выделенного из личинок мошек изолята энтомопатогенного микромицета и штамма *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. 10-06, являющегося основой коммерческого препарата Melobass®, коллекционного фонда РУП «Институт защиты растений».

Энтомопатогенные грибы культивировали на орбитальном шейкере IKA®KS 260 basic в колбах объемом 750 мл при температуре 26 °С и скоростью вращения качалки 200 об/мин в течение 72 ч на питательной среде следующего состава (%): меласса – 2,0; глицерин – 2,0; пептон – 2,0; NaNO₃ – 0,1; MgSO₄ – 0,1; K₂HPO₄ – 0,1; вода водопроводная – до 100. Количество спор определяли с помощью гемоцитометра (камеры Горяева).

Личинок мошек отбирали в водотоках, вместе с субстратом помещали в емкости, заполненные речной водой, и доставляли в лабораторию для исследований. Затем личинок третьего возраста рассаживали по 30 особей в химические стаканы с 400 мл воды, отобранной из мест обитания мошек. Для аэрации использовали микрокомпрессоры Varbus Air 002 с интенсивностью аэрации до 210 л/ч.

Биологическую эффективность микромицетов рассчитывали по формуле Хендерсона–Тилтона [20].

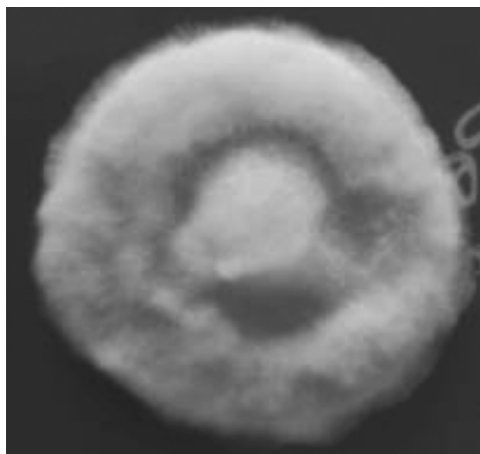


Рис. 1. Колонии гриба на 10-е сутки
Fig. 1. Fungus colonies on the 10th day



Рис. 2. Реверзум колоний гриба на 10-е сутки
Fig. 2. Reversum colonies on the 10th day



Рис. 3. Конидиеносцы. ×400
Fig. 3. Conidiophore. ×400

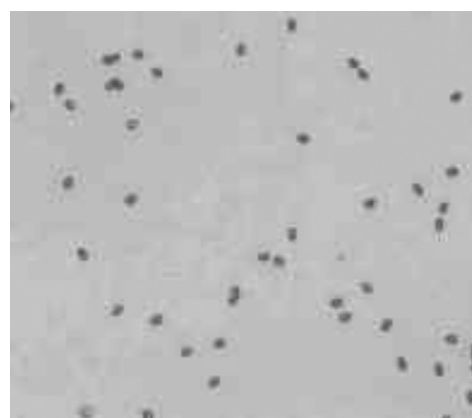


Рис. 4. Конидии. ×600
Fig. 4. Conidia. ×600

Результаты и их обсуждение. Из пораженных личинок кровососущих мошек *Wilhelmia equina* (Linnaeus, 1758), собранных на территории Лепельского района Витебской области в р. Эсса в июле 2018 г., был впервые выделен в чистую культуру изолят гриба, предположительно вызвавшего их гибель. Микроскопическое изучение морфологических характеристик изолята позволило отнести его к роду *Cordyceps* Fr., 1818 (син. *Isaria* Pers ex Fries, 1832) [21]).

Морфологическое описание изолята. Колонии плотные, войлочные, бежевого цвета. Центр колонии выпуклый, далее отмечается зона низкого плотного мицелия. Внешний край колонии представлен высоким ватообразным мицелием (рис. 1). Диаметр колоний на 10-е сутки культивирования достигает 30–36 мм. Центральная часть реверзума рыжеватая, периферическая – от желтого до золотисто-желтого оттенка, в старых колониях приобретает светло-коричневую окраску (рис. 2). Экссудат и запах отсутствуют. Гифы септированные, бесцветные, умеренно ветвящиеся. Ширина скелетных гиф составляет 2,0–2,4 мкм, воздушных – 0,2–0,3 мкм. Конидиеносцы короткие (рис. 3). Конидии овально-эллиптические (рис. 4) размером (2–4)×(3–5) мкм, бесцветные, гладкие, неслизистые, в цепочках длиной 50–80 мкм.

Молекулярно-генетическая идентификация изолята. Анализ результатов секвенирования региона рДНК изолята показал, что изучаемые последовательности ампликонов являются гетерогенными и по ряду позиций представлены одновременно двумя альтернативными вариантами (рис. 5).

Согласно литературным данным, локусы рДНК эукариотических организмов (в том числе и микромицетов) являются мультикопийными и формируют один или несколько кластеров, состоящих

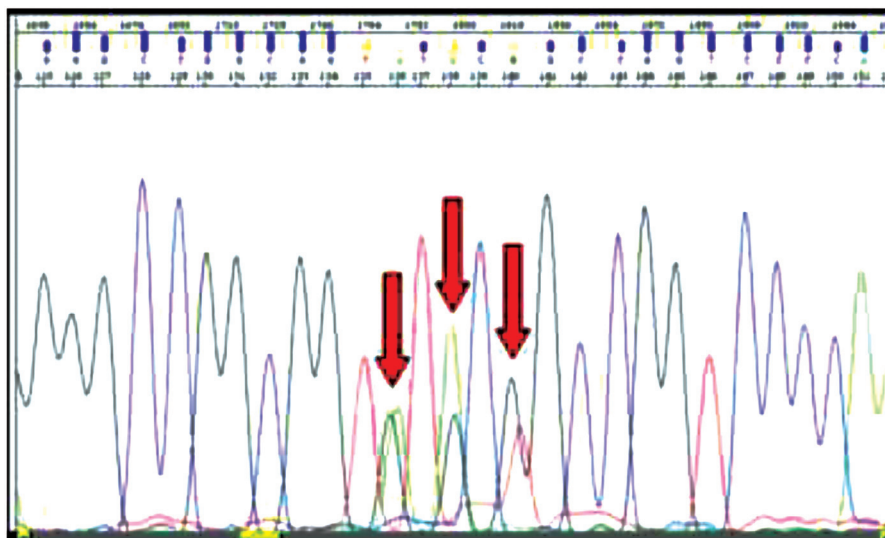


Рис. 5. Нуклеотидная последовательность фрагмента рДНК (стрелками указаны смешанные нуклеотидные позиции)

Fig. 5. Nucleotide sequence of the rDNA fragment (arrows indicate the mixed nucleotide positions)

из последовательно расположенных транскрибируемых единиц. При этом нуклеотидные последовательности паралогичных локусов отдельных индивидов (для негибридогенных видов) вследствие особенностей молекулярно-биологических процессов редактирования рДНК (явление “concerted evolution”), как правило, являются идентичными.

Таким образом, полученные результаты указывают на гибридогенное происхождение изолята *Cordyceps* sp. Сравнительное изучение выявленных гаплотипов локусов рДНК по отдельности в международной базе данных Gene Bank NCBI показало, что один из гаплотипов соответствует (степень идентичности 100 %) депонентам, определяемым как *Isaria farinosa* (син. *Paecilomyces farinosus* или *Cordyceps farinosa*), второй гаплотип идентифицируется как *Cordyceps militaris* (степень идентичности 99 %). Исходя из полученных данных, было выдвинуто предположение о гибридном таксономическом статусе выявленного изолята – *Cordyceps cf. militaris*×*farinosa*. При этом сравнительно одинаковая степень представленности гаплотипов *C. militaris* и *C. farinosa* в геноме изученного изолята *C. cf. militaris*×*farinosa* указывает на относительно недавнее его происхождение. Полученная последовательность была депонирована в международной базе данных GenBank (идентификационный номер MK474613) с обозначением *Cordyceps* sp. isolate BGTU.

На следующем этапе исследований проведена сравнительная оценка биологической эффективности изолята *Cordyceps* sp. BGTU и штамма *Beauveria bassiana* 10-06 на личинках старших возрастов кровососущих мошек *W. equina*. Насекомых заражали водной суспензией с титром $1 \cdot 10^6$ и $1 \cdot 10^7$ конидий/мл в трехкратной повторности. Контролем служили личинки, содержащиеся в речной воде. Гибель личинок отмечали через каждые 24 ч.

Биологическая активность штаммов энтомопатогенных грибов в отношении личинок третьего возраста *W. equina* (Mean ± Sd)

Biological activity of strains of entomopathogenic fungi for 3rd instar larvae *W. equina* (Mean ± Sd)

Время воздействия, ч	Гибель личинок, %				Контроль
	<i>Beauveria bassiana</i> 10-06		<i>Cordyceps</i> sp. BGTU		
	$1 \cdot 10^6$ спор/мл	$1 \cdot 10^7$ спор/мл	$1 \cdot 10^6$ спор/мл	$1 \cdot 10^7$ спор/мл	
24	0,0 ± 0	3,3 ± 2,8	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0
48	6,6 ± 2,8	51,7 ± 25,7	10,0 ± 5,0	31,7 ± 2,9	0,0 ± 0
72	63,3 ± 7,6	95,0 ± 8,7	51,7 ± 13,1	76,7 ± 15,3	5,0 ± 1,3
96	81,7 ± 7,6	100,0 ± 0	78,3 ± 7,6	90,0 ± 8,7	7,2 ± 3,2

Проведенные исследования показали, что в течение первых суток после заражения энтомопатогены не оказали какого-либо значительного влияния на уровень смертности личинок по сравнению с контролем ($p = 0,65$) (см. таблицу). На 3-и сутки инкубации оба гриба вызвали значительное повышение уровня смертности ($p = 0,03$) по сравнению с контролем. Итоговый показатель смертности, зафиксированный на 4-е сутки, для штамма *Beauveria bassiana* составил 100 % при концентрации $1 \cdot 10^7$ спор/мл. Гриб *Cordyceps* sp. BGTU при данной концентрации вызвал смертность 90 % тест-объектов по сравнению с контролем ($p = 0,025$). Сравнительный анализ данных по вирулентности *B. bassiana* и *Cordyceps* sp. BGTU не выявил статистически значимых различий между патогенами ($p = 0,62$).

Заключение. Согласно результатам проведенных исследований, причиной гибели кровососущих мошек сем. Simuliidae от микоза в природных водотоках на территории Беларуси являлся энтомопатогенный гриб *Cordyceps* sp. Оценка в опытах *in vitro* показала, что энтомопатогенные микромицеты проявляют высокую биологическую активность в отношении личинок кровососущих мошек третьего возраста. Биологическая эффективность суспензии штамма *Beauveria bassiana* 10-06 с концентрацией 10^7 спор/мл, рассчитанная по формуле Хендерсона–Тилтона, на 3-и сутки составила 94,4 %, на 4-е – 98,3 %, штамма *Cordyceps* sp. BGTU – 76,0 и 88,9 % соответственно.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта НАН Беларуси № 2019-28-103 от 15 апреля 2019 г.

Acknowledgments. The work was carried out with the financial support of grant of NASB № 2019-28-103 of April 15, 2019.

Список использованных источников

- Каплич, В. М. Мошки (Diptera, Simuliidae) – магчымыя носыбіты ўзбуджальніка анаплазмозу буйнай рагатай жывелы / В. М. Каплич // Вес. АН БССР. Сер. біял. навук. – 1985. – № 6. – С. 89–91.
- Самойлова, Т. И. Вирус Западного Нила в Республике Беларусь / Т. И. Самойлова. – Минск : Медисонт, 2018. – 216 с.
- Франц, Й. Биологические методы борьбы с вредителями / Й. Франц, А. Криг ; пер. с нем. И. Н. Заикиной. – М. : Колос, 1984. – 352 с.
- Nadeau, M. P. Larvicidal activity of the entomopathogenic fungus *Tolypocladium cylindrosporium* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on the mosquito *Aedes triseriatus* and the black fly *Simulium vittatum* (Diptera: Simuliidae) / M. P. Nadeau, J. L. Boisvert // J. Am. Mosq. Control Assoc. – 1994. – Vol. 10, N 4. – P. 487–491.
- Lacey, L. A. Microbial Control of Black Flies and Mosquitoes / L. A. Lacey, A. H. Undeen // Ann. Rev. Entomol. – 1986. – Vol. 31, N 1. – P. 265–296. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.31.1.265>
- Abdel Ghany, T. M. Entomopathogenic fungus and their role in biological control / T. M. AbdelGhany. – Foster City : OMICS Group eBooks, 2015. – 46 p.
- Кутафьева, Н. П. Морфология грибов : учеб. пособие / Н. П. Кутафьева. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск : Сибир. универ. изд-во, 2003. – 215 с.
- Каплич, В. М. Паразиты мошек (Diptera, Simuliidae) в водотоках Восточно-Европейского Полесья / В. М. Каплич, Е. Б. Сухомлин, А. П. Зинченко // Тр. БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство. – 2009. – Вып. 17. – С. 267–270.
- Adler, P. H. Black Flies (Simuliidae) of North America / P. H. Adler, D. C. Currie, D. M. Wood. – New York : Cornell University Press, 2004. – 942 p.
- Parasites of larval black flies (Diptera: Simuliidae) in Thailand / S. Jitklang [et al.] // Songklanakarin J. Sci. Technol. – 2012. – Vol. 34, iss. 6. – P. 597–599.
- Matha, V. The effect of tolypin in *Tolypocladium niveum* crude extract against mosquito and blackfly larvae in the laboratory / V. Matha, J. Weiser, J. Olejnicek // Folia Parasitol. (Praha). – 1988. – Vol. 35, iss. 4. – P. 379–381.
- Штамм энтомопатогенного гриба *Entomophthora lairdii* n. sp. : пат. 589700 СССР : МПК7 A01N15C12K1 (1976) / Э. А. Нам, А. М. Дубицкий, Н. Г. Левченко, О. Г. Саубенова ; дата публ.: 11.09.1978.
- Рубцов, И. А. Мошки (сем. Simuliidae). Фауна СССР Насекомые двукрылые / И. А. Рубцов. – М. ; Л. : Наука, 1956. – 860 с.
- Каплич, В. М. Кровососущие мошки лесной зоны / В. М. Каплич, З. В. Усова. – Минск : Ураджай, 1990. – 176 с.
- Янковский, А. В. Определитель мошек (Diptera, Simuliidae) России и сопредельных территорий (бывшего СССР) / А. В. Янковский. – СПб. : Зоол. ин-т Рос. акад. наук, 2002. – 570 с.
- Каплич, В. М. Мошки (Diptera, Simuliidae) смешанных лесов Европы / В. М. Каплич, Е. Б. Сухомлин, А. П. Зинченко. – Минск : Новое знание, 2015. – 464 с.
- Коваль, Э. З. Определитель энтомопатогенных грибов СССР / Э. З. Коваль. – Киев : Наук. думка, 1974. – 260 с.
- White, T. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics / T. White [et al.] // PCR protocols: a guide to methods and applications / ed.: M. A. Innis [et al.]. – San Diego, 1990. – P. 315–322.

19. National Center for Biotechnological Information, NCBI [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. – Date of access : 10.12.2018.

20. Henderson, C. F. Tests with acaricides against the brow wheat mite / C. F. Henderson, E. W. Tilton // J. Econ. Entomol. – 1955. – Vol. 48, N 2. – P. 157–161. <https://doi.org/10.1093/jee/48.2.157>

21. A phylogenetically-based nomenclature for *Cordycipitaceae* (*Hypocreales*) / Kepler R. M. [et al.] // IMA Fungus. – 2017. – Vol. 8, N 2. – P. 335–353. <https://doi.org/10.5598/ima fungus.2017.08.02.08>

References

1. Kaplich V. M. Blackflies (Diptera, Simuliidae) as potential vector of the causative agent of anaplasmosis in cattle. *Vestsi Akademii navuk BSSR. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the Academy of Sciences of BSSR. Biological series*, 1985, no. 6, pp. 89–91 (in Russian).
2. Samoilova T. I. *West Nile virus in the Republic of Belarus*. Minsk, Medisont Publ., 2018. 216 p. (in Russian).
3. Franz J. M., Krieg A. *Biologische Schädlingsbekämpfung*. Berlin, Hamburg, Paul Parey, 1976. 222 S. (Russ. ed.: Frants Y., Krig A. *Biological pest control*. Moscow, Kolos Publ., 1984. 352 p.).
4. Nadeau M. P., Boisvert J. L. Larvicidal activity of the entomopathogenic fungus *Tolypocladium cylindrosporum* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on the mosquito *Aedes triseriatus* and the black fly *Simulium vittatum* (Diptera: Simuliidae). *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1994, vol. 10, no. 4, pp. 487–491.
5. Lacey L. A., Undeen A. H. Microbial control of black flies and mosquitoes. *Annual Review of Entomology*, 1986, vol. 31, no. 1, pp. 265–296. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.31.1.265>
6. Abdel Ghany T. M. *Entomopathogenic fungus and their role in biological control*. Foster City, OMICS Group eBooks, 2015. 46 p.
7. Kutaf'eva N. P. *Morphology of fungi. 2nd ed.* Novosibirsk, Siberian University Publishing House, 2003. 215 p. (in Russian).
8. Kaplich V. M., Sukhomlin E. B., Zinchenko A. P. Parasites of blackflies (Diptera, Simuliidae) in the watercourses of the East European Polesie. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya 1. Lesnoe khozyaistvo* [Proceedings of the Belarusian State Technological University. Series 1. Forestry.], 2009, iss. 17, pp. 267–270 (in Russian).
9. Adler P. H., Currie D. C., Wood D. M. *Black flies (Simuliidae) of North America*. New York, Cornell University Press Publ., 2004. 942 p.
10. Jitklang S., Ahantari A., Kuvangkadilok C., Baimai V., Adler P. H. Parasites of larval blackflies (Diptera: Simuliidae) in Thailand. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*, 2012, vol. 34, no. 6, pp. 597–599.
11. Matha V., Weiser J., Olejníček J. The effect of tolypin in *Tolypocladium niveum* crude extract against mosquito and blackfly larvae in the laboratory. *Folia Parasitology* (Praha), 1988, vol. 35, no. 4, pp. 379–381.
12. Nam E. A., Dubitskii A. M., Levchenko N. G., Saubenova O. G. *Strain of entomopathogenic fungus Entomophthora lairdii n. sp.* Patent USSR, no. 589700, 1976 (in Russian).
13. Rubtsov I. A. *Blackflies (fam. Simuliidae). Fauna of the USSR. Insects Diptera*. Moscow, Leningrad, Nauka Publ., 1956. 860 p. (in Russian).
14. Kaplich V. M., Usova S. V. *Bloodsucking blackflies of forest zone*. Minsk, Uradzhai Publ., 1990. 176 p. (in Russian).
15. Yankovsky A. V. *Key of blackflies (Diptera, Simuliidae) of Russia and cross-border region (former Soviet Union)*. St. Petersburg, 2002, Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences. 570 p. (in Russian).
16. Kaplich V. M., Sukhomlin E. B., Zinchenko A. P. *Blackflies (Diptera, Simuliidae) mixed forests of Europe*. Minsk, Novoe znanie Publ., 2015. 464 p. (in Russian).
17. Koval' E. S. *Key of entomopathogenic fungi USSR*. Kiev, Naukova dumka Publ., 1974. 260 p. (in Russian).
18. White T., Bruns T., Lee S., Taylor J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR protocols: a guide to methods and applications*, San Diego, 1990, pp. 315–322.
19. National Center for Biotechnological Information (NCBI). Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov> (accessed 10.12.2018).
20. Henderson C. F., Tilton E. W. Tests with acaricides against the brow wheat mite. *Journal of Economic Entomology*, 1955, vol. 48, no. 2, pp. 157–161. <https://doi.org/10.1093/jee/48.2.157>
21. Kepler R. M., Luangsa-ard J. J., Hywel-Jones N. L., Quandt C. A., Sung G.-H., Rehner S. A. [et al.]. A phylogenetically-based nomenclature for *Cordycipitaceae* (*Hypocreales*). *IMA Fungus*, 2017, vol. 8, no. 2, pp. 335–353. <https://doi.org/10.5598/ima fungus.2017.08.02.08>

Информация об авторах

Довнар Дарья Васильевна – мл. науч. сотрудник. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: dovnar.rm@gmail.com

Янковская Елена Николаевна – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник. Институт защиты растений (ул. Мира, 2, 223011, аг. Прилуки, Минский район, Республика Беларусь). E-mail: biocontrol@tut.by

Information about the authors

Darya V. Dovnar – Junior researcher. Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dovnar.rm@gmail.com

Elena N. Yankovskaya – Ph. D. (Biol.), Leading researcher. Institute of Plant Protection (2, Mir Str., 223011, a/c Priluki, Minsk District, Republic of Belarus). E-mail: biocontrol@tut.by

Войтка Дмитрий Владимирович – канд. биол. наук, заведующий лабораторией. Институт защиты растений (ул. Мира, 2, 223011, аг. Прилуки, Минский район, Республика Беларусь). E-mail: d.voitka@tut.by

Баранов Олег Юрьевич – д-р биол. наук, доцент, заведующий сектором. Институт леса НАН Беларуси (ул. Пролетарская, 71, 246050, г. Гомель, Республика Беларусь). E-mail: betula-belarus@mail.ru

Каплич Валерий Михайлович – д-р биол. наук, профессор. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: kaplichVM@mail.ru

Кантерова Анна Валерьевна – науч. сотрудник. Институт микробиологии (ул. акад. В. Ф. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: microbiol@tut.by

Dmitry V. Voitka – Ph. D. (Biol.), Head of the Laboratory. Institute of Plant Protection (2, Mir Str., 223011, a/c Priluki, Minsk District, Republic of Belarus). E-mail: d.voitka@tut.by

Oleg Y. Baranov – D. Sc. (Biol.), Assistant professor, Head of the Department. Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus (71, Proletarskaya Str., 246050, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: betula-belarus@mail.ru

Valeriy M. Kaplich – D. Sc. (Biol.), Professor. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlov Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kaplichVM@mail.ru

Hanna V. Kanterova – Researcher. The Institute of Microbiology (2, Kuprevich Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: microbiol@tut.by