

Головневые грибы рода *Tilletia* в фитосанитарных требованиях стран – импортеров российского зерна

Д.А. УВАРОВА¹, Т.А. СУРИНА²

ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия

¹ e-mail: darya.uvarova.93@mail.ru

² e-mail: t.a.surina@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

В статье представлены общие сведения о головневых грибах рода *Tilletia*: распространение, симптомы, морфологические признаки, цикл развития. Головневые грибы являются вредоносными возбудителями болезней зерновых культур, наносящими существенные потери урожаю. Для борьбы с данными фитопатогенами и уточнения их видового состава проводят ежегодные мониторинги, в которых принимают участие сотрудники Всероссийского центра карантина растений (ФГБУ «ВНИИКР»).

Ключевые слова. Головневые грибы, *Tilletia*, экспорт, фитосанитарные требования, мониторинг, пшеница, ячмень, фитопатоген, телиоспоры, сорус.

Для корреспонденции. Уварова Дарья Анатольевна, младший научный сотрудник научного отдела молекулярно-генетических методов диагностики ФГБУ «ВНИИКР», 140150, Россия, Московская обл., г. Раменское, р. п. Быково, ул. Пограничная, 32, e-mail: darya.uvarova.93@mail.ru.



По статистическим данным, Российская Федерация занимает 1-е место в мире по экспорту зерна. Согласно информации International Trade Centre (ITC), в 2018 г. российские предприятия поставили на мировой рынок пшеницы на сумму 8,4 млрд \$, что на 2,6 млрд \$ больше, чем годом ранее. Доходы России от экспорта всех зерновых культур в 2018 г. возросли по сравнению с предыдущим годом [1].

В 2018 г. Россия собрала 113,3 млн тонн зерна, в том числе 72 млн тонн пшеницы. По данным Минсельхоза России, экспорт зерновых в 2017–2018 сельскохозяйственном году превысил 53,4 млн т, включая 40,5 млн т пшеницы, а за 2019 г. и начало 2020 г. экспорт зерна составил 50,5 млн т. Судя

Smut Fungi of the Genus *Tilletia* in Phytosanitary Requirements of Russian Grain Importing Countries

D.A. UVAROVA¹, T.A. SURINA²

All-Russian Plant Quarantine Center (FGBU "VNI IKR"), Bykovo, Ramenskoye, Moscow region, Russia

¹ e-mail: darya.uvarova.93@mail.ru

² e-mail: t.a.surina@yandex.ru

ABSTRACT

The article provides general information about the smut fungi of the genus *Tilletia*: spread, symptoms, morphological characters and the development cycle. Smut fungi are serious agents of grain crop diseases causing considerable crop losses. To control these phytopathogens and update the list of their species, annual phytosanitary monitoring is carried out, where specialists of the All-Russian Plant Quarantine Center (FGBU "VNI IKR") take part.

Key words. Smut fungi, *Tilletia*, export, phytosanitary requirements, inspection, wheat, barley, phytopathogen, teliospores, sorus.

For correspondence. Daria Uvarova, Junior Researcher of Molecular and Genetic Diagnostic Methods Department of FGBU "VNI IKR", 140150, Russia, Moscow region, Ramenskoye, Bykovo, Pogranichnaya str. 32, e-mail: darya.uvarova.93@mail.ru.

According to statistics, the Russian Federation ranks first in the world in grain exports. According to International Trade Centre (ITC), in 2018 the amount of wheat supplied to the world market by Russian enterprises was estimated at \$ 8.4 billion, which is \$ 2.6 billion more than the previous year. Russia's incomes from the export of all grain crops in 2018 increased compared to the previous year [1].

In 2018, Russia harvested 113.3 million tons of grain, including 72 million tons of wheat. According

по данным таможенной статистики ИТС, зерновые в 2018 г. переместились с 6-го на 3-е место главных экспортных товаров России (на первых двух – энергоресурсы и металлургическая продукция). Российское зерно поставляется в 132 страны мира, главными его получателями являются Египет (экспортировано на 1,9 млрд \$), Турция (1,3 млрд \$) и Иран (0,5 млрд \$) [2].

В фитосанитарные требования, которые предъявляют страны-импортеры, входят головневые грибы рода *Tilletia* – наиболее опасные возбудители болезней пшеницы. Возбудитель карликовой головни пшеницы (*Tilletia controversa* Kühn) является карантинным видом для Республики Албания, Азербайджанской Республики, Королевства Бахрейн, Федеративной Республики Бразилия, Арабской Республики Египет, Государства Израиль, Канады, Китайской Народной Республики, Корейской Народно-Демократической Республики, Королевства Марокко, Мексиканских Соединенных Штатов, Республики Мозамбик, Республики Мадагаскар, Монголии, Новой Зеландии, Султаната Оман, Республики Парагвай, Республики Перу, Республики Филиппины, Республики Чили, Демократической Социалистической Республики Шри-Ланка, Южно-Африканской Республики [3]. В 2019 году возбудитель карликовой головни был включен в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза как ограниченно распространенный организм для Российской Федерации. Возбудитель твердой головни пшеницы (*Tilletia caries* (DC.) Tul. & C. Tul.) является карантинным видом для Египта и Мексики, а возбудитель вонючей головни пшеницы (*Tilletia laevis* J.G. Kühn) – для Бразилии [4].

Данные фитопатогены кроме прямых потерь урожая зерна вызывают скрытые, общий ущерб от которых оценивается в 4–5 раз выше. Возбудители головни имеют способность заражения большого числа растений, поэтому в ряде регионов наблюдается поражение посевов на значительных площадях. Грибы рода *Tilletia* в первые годы не дают вспышки заболеваний, инфекция накапливается несколько лет, и при благоприятных условиях болезнь достигает максимального развития [5].

Возбудители головневых заболеваний широко распространены по всему миру. В России проводятся фитосанитарные мониторинги на выявление 3 возбудителей головневых заболеваний. Возбудитель твердой головни (*T. caries*) пшеницы имеет широкий ареал: Северо-Запад и Нечерноземную зону России, Урал, Сибирь, Дальний Восток, Казахстан. В южных регионах России *T. caries* замещает близкий вид – *T. laevis*. В Центрально-Черноземном районе вредят оба вида – *T. caries* и *T. laevis* [6].

Вонючая головня (*T. laevis*) поражает пшеницу во всех районах ее возделывания, хотя распространение этого фитопатогена более ограничено, чем *T. caries*. Все же *T. laevis* встречается чаще, чем это обычно регистрируют. Раньше вонючую головню обнаруживали преимущественно в южных регионах (Ростовской, Астраханской, Волгоградской областях, Краснодарском крае, Средней Азии, Сибири), где она замещает *T. caries*. Лишь в Центрально-Черноземном районе оба вида встречаются одновременно [7]. Указанные выше ареалы *T. caries* и *T. laevis* довольно стабильны, поскольку



Рис. 1. Симптомы головневых заболеваний на колосьях пшеницы, отобранных на территории Ставропольского края (фото Д.А. Уваровой)

Fig. 1. Blunt symptoms on wheat ears collected in Stavropol Krai (photo by D.A. Uvarova)

to the Ministry of Agriculture of Russia, grain exports in the 2017–2018 agricultural year exceeded 53.4 million tons, including 40.5 million tons of wheat, and in 2019 and the beginning of 2020, grain exports reached 50.5 million tons. According to ITC customs statistics, grains in 2018 moved from 6th to 3rd place as Russia's main export goods (the first two are energy resources and metallurgical products). Russian grain is exported to 132 countries, its main recipients being Egypt (exported to \$ 1.9 billion), Turkey (\$ 1.3 billion) and Iran (\$ 0.5 billion) [2].

The phytosanitary requirements of the importing countries include the smut fungi of the genus *Tilletia* – the most serious agents of wheat diseases. The agent of dwarf bunt of wheat (*Tilletia controversa* Kühn) is a quarantine species for the Republic of Albania, the Republic of Azerbaijan, the Kingdom of Bahrain, the Federal Republic of Brazil, the Arab Republic of Egypt, the State of Israel, Canada, the People's Republic of China, the Democratic People's Republic of Korea, the Kingdom of Morocco, the United Mexican States, the Republic of Mozambique, the Republic of Madagascar, Mongolia, New Zealand, the Sultanate of Oman, the Republic of Paraguay, the Republic of Peru, the Republic of the Philippines, the Republic of Chile, the Democratic Socialist Republic of Sri Lanka, the Republic of South Africa [3]. In 2019, the dwarf bunt of wheat agent



Рис. 2. Зерновки пшеницы: слева – пораженные твердой головней, справа – здоровые [9] **Fig. 2.** Wheat caryopses: on the left – infected by common bunt of wheat, on the right – non-infected ones [9]

неоднократные случаи заносов возбудителей в несвойственные им зоны не приводили к обширному и длительному развитию их в этих зонах [6].

А вот ареал карликовой головни пшеницы намного меньше. В последние десятилетия на территории Российской Федерации случаи выявления данного фитопатогена зарегистрированы в Южном федеральном округе (в предгорных районах Краснодарского края и в Республике Крым), а также в Северо-Кавказском федеральном округе (в предгорных районах Ставропольского края (рис. 1)) [6].

Заболевания, вызываемые грибами рода *Tilletia*, проявляются в начале фазы молочной спелости зерна. Инфицированные растения отличаются низким ростом, а также зараженные колосья несколько сплюснуты и имеют интенсивную сине-зеленую окраску. По мере созревания колосьев эта окраска постепенно утрачивается. При надавливании на зараженные зерновки, находящиеся в фазе молочной спелости, из них выделяется сероватая жидкость с запахом триметиламина (запах гнилой селедки). Пораженные колосья более плотные, слегка



Рис. 3. Биологический и инфекционный цикл развития головневых грибов рода *Tilletia*: 1 и 2 – больной и здоровый колосья; 3 – разрушенный головневый мешочек, наполненный спорами; 4 – зерновка пшеницы, загрязненная спорами; 5 – телиоспоры на прорастающем зерне пшеницы; 6 – проросшая в базидию телиоспора на зерновке; 7 – споры твердой головни пшеницы [10]

Fig. 3. Biological and infectious development cycle of *Tilletia*: 1 and 2 – infected and healthy ears; 3 – damaged smut bag filled with spores; 4 – spore-contaminated wheat caryopsis; 5 – teliospores on germinating wheat grain; 6 – teliospore sprouted in basidium on caryopsis; 7 – common bunt of wheat spores [10]

was included in the Common List of Quarantine Objects of the Eurasian Economic Union as a limitedly spread organism for the Russian Federation. The agent of common bunt of wheat (*Tilletia caries* (DC.) Tul. & C. Tul.) is a quarantine species for Egypt and Mexico, and the agent of stinking smut of wheat (*Tilletia laevis* J.G. Kühn) – for Brazil [4].

Apart from direct crop losses, these phytopathogens cause indirect ones, the total damage from which is estimated 4–5 times higher. The bunt agents are capable of infecting a large number of plants, therefore, crop damage is observed in significant areas in a number of regions. The *Tilletia* genus fungi do not lead to an outbreak of the disease in the first years, the infection accumulates for several years, and under favorable conditions the disease development reaches its peak [5].

The blunt agents are widely spread around the world. Russia performs phytosanitary inspections to detect three blunt agents. The agent of common bunt of wheat (*T. caries*) has an extensive area: North-West and Nonchernozem belt of Russia, Ural, Siberia, Far East, Kazakhstan. In Russia's southern regions *T. caries* substitutes for *T. laevis*. In Central Black Belt Region damage is caused by both *T. caries* and *T. laevis* [6].

The stinking smut of wheat (*T. laevis*) damages wheat in all areas of its cultivation, though this phytopathogen is spread more limitedly than *T. caries*. However, *T. laevis* is detected more often than it is usually registered. The stinking smut of wheat used to be detected mainly in southern regions (Rostov, Astrakhan, Volgograd Regions, Krasnodar Krai, Central Asia, Siberia), where it substitutes for *T. caries*. Only in Central Black Belt Region both species can be seen at the same time [7]. The stated above areas of *T. caries* and *T. laevis* are quite stable, because numerous cases of the pests' introduction in the areas unusual for them did not lead to their extensive and long development there [6].

The area of dwarf bunt of wheat, though, is much smaller. In the Russian Federation, this phytopathogen has been detected in the Southern Federal District (in the foothill territories of the Krasnodar Krai and in the Republic of Crimea), as well as in the North Caucasian Federal District (in the foothill territories of the Stavropol Krai in recent decades (Fig. 1)) [6].

The diseases caused by *Tilletia* spp. can be noted at the beginning of grain milky stage. Infected plants are short, and infected ears are slightly flattened and have an intense blue-green coloration. As the ears ripen, this color gradually fades away. When pressed, infected caryopses, which are in the milky stage phase, release a grayish liquid with the smell of trimethylamine (smell of rotten herring). Affected ears are denser, slightly shortened and sometimes do not

укорочены и иногда не выходят из пазух верхних листьев или остаются прикрытыми наполовину вплоть до полного созревания. Ости заметно редуцированы. Перед фазой восковой спелости в зараженном колосе вместо зерен образуются головневые мешочки, то есть сорусы гриба с телиоспорами. Сорусы имеют овальную форму и на вершине немного заострены. В самих зернах вместо эндосперма развивается темная масса спор. Зерновки, содержащие споры, укорачиваются в длину, вздуваются, приобретают более шаровидную по сравнению со здоровыми форму (рис. 2). Веса они значительно меньше, чем здоровые зерновки, в связи с чем к моменту окончательного созревания пораженные колосья остаются прямостоячими, тогда как здоровые под тяжестью наклоняются. В период уборки зерновых сорусы разрушаются, при этом споры заражают зерна [8].

Телиоспоры гриба зимуют на зерне. При прорастании растения-хозяина трогается в рост и телиоспора. Формируется базидия с базидиоспорами. Базидиоспоры копулируют друг с другом, и образовавшаяся двухъядерная клетка внедряется в молодые ткани проростка. Двухъядерная клетка превращается в дикарионный мицелий, который по стеблю достигает соцветия злака и его цветка. В завязи цветка мицелий разрастается и распадается на телиоспоры. Околоплодник зерновки

protrude from the axils of the upper leaves or remain half-covered until fully ripe. The awns are considerably reduced. Before the waxy ripeness phase, smut bags are formed in the infected ear instead of grains, i. e. the fungus sori with teliospores. Sori are oval and slightly pointed at the top. In the grains themselves, a dark mass of spores develops instead of the endosperm. Caryopses containing spores are shorter in length, swollen, and acquire a more spherical shape compared to healthy ones (Fig. 2). They weigh much less than healthy grains, and therefore, by the time of final ripening, the affected ears remain erect, while healthy ears bend under their weight. During the harvesting period, the sori are destroyed, with the spores infecting the grains [8].

Teliospores of the fungi overwinter on grain. When the host plant germinates, the teliospore starts to grow. Basidium with basidiospores is formed. Basidiospores copulate with each other, and the resulting binucleated cell is introduced into the young tissues of the seedling. The binucleated cell turns into a dikaryon mycelium, which reaches the inflorescence of the cereal and its flower along the stem. In the ovary of a flower, the mycelium grows and breaks down into teliospores. The pericarp of the caryopsis remains intact; therefore, the caryopsis appears to be non-infected. During the threshing, the pericarp is destroyed, the teliospores

Таблица
Морфологические признаки телиоспор некоторых видов грибов рода *Tilletia*, поражающих пшеницу [10, 11]

Возбудитель	Форма телиоспор и окраска оболочки	Размер телиоспор, мкм	Инкрустация и другие признаки
1. <i>T. caries</i> (DC.) Tul. & C. Tul. Syn. <i>T. tritici</i> (Bjerk.) R. Wolff.	Шаровидная или почти шаровидная. Светло- или темно-коричневая	14–25 x 12,6–21 (чаще 18,9 x 18)	Сетчатая, ячейки чаще 5-угольные, с ребрами (шипами) высотой 1,4–2,1 мкм. Без ослизняющего слоя. Бесцветные клетки отсутствуют
2. <i>T. laevis</i> J.G. Kühn Syn. <i>T. foetida</i> (Bauer) Liro	Эллипсоидальная или сферическая, продолговатая. Светло- или темно-оливково-коричневая	13,5–22,5 x 12,6–18 (чаще 17 x 14)	Гладкая. Ослизняющийся слой. Стерильные клетки отсутствуют
3. <i>T. controversa</i> Kühn Syn. <i>T. brevifaciens</i> G.W. Fischer, <i>T. nanifica</i> (Wagner) Savul.	Шаровидная, реже продолговатая или эллипсоидальная. Светло- или темно-коричневая	19–24 x 16–25 (чаще 24,3)	С очень хорошо выраженной сетчатостью, ячейки неправильные, их ширина – 3–5 мкм и высота ребра – до 4,0 мкм. С ослизняющимся бесцветным слоем на поверхности спор. Стерильные бесцветные, или слабо-зеленоватые, или коричневые клетки (16–20 мкм в диам.), шарообразной формы, с гладкой, реже с сетчатой оболочкой

Table
Teliospores morphological characteristics of some *Tilletia* species infecting wheat [10, 11]

Pathogen	Teliospore shape and color of the cover	Teliospore size, μm	Incrustation and other characteristics
1. <i>T. caries</i> (DC.) Tul. & C. Tul. Syn. <i>T. tritici</i> (Bjerk.) R. Wolff.	Spherical or nearly spherical. Light or dark brown	14–25 x 12,6–21 (more often 18,9 x 18)	Reticulate, cells are usually 5-sided, with ribs (spines) 1.4–2.1 μm in height. No sliming layer. No colorless cells
			
2. <i>T. laevis</i> J.G. Kühn Syn. <i>T. foetida</i> (Bauer) Liro	Ellipsoidal or spherical, oblong. Light or dark olive brown	13,5–22,5 x 12,6–18 (more often 17 x 14)	Smooth. Slime layer. Sterile cells are missing
			
3. <i>T. controversa</i> Kühn Syn. <i>T. brevifaciens</i> G.W. Fischer, <i>T. nanifica</i> (Wagner) Savul.	Spherical, less often oblong or ellipsoidal. Light or dark brown	19–24 x 16–25 (more often 24,3)	With a very well-defined reticulate, cells are irregular, their width is 3–5 μm and rib height is up to 4.0 μm . With a slimy colorless layer on the spores surface. Sterile, colorless, or slightly greenish, or brown cells (16–20 μm in diameter), spherical, with a smooth, less often with a reticular membrane
			

остается целым, поэтому внешне зерновка напоминает здоровую. Во время обмолота околоплодник разрушается, телиоспоры высыпаются и прилипают к здоровым семенам и так зимуют. Максимальное заражение зерновых патогенами данного рода происходит при 8–9 °C и относительной влажности воздуха более 50%. На рисунке 3 представлен цикл развития головневых грибов рода *Tilletia* [10].

Диагностику возбудителей головневых заболеваний зерновых проводят традиционными методами – визуальным, методом смыва и центрифугирования с последующим микроскопированием и морфометрией. Визуальный осмотр образцов пшеницы проводится с целью выявления пораженных сорусов с последующим микроскопированием спор для определения вида гриба. Для этого часть головневого мешочка (пылящей массы) соскабливают в каплю воды на предметное стекло и осторожно накрывают его покровным стеклом. Готовый препарат просматривают под микроскопом начиная с малого увеличения (10 x 10) и далее – при большом увеличении (10 x 20 и 10 x 40) в светлом поле и в фазовом контрасте. Для точной идентификации возбудителя анализируют комплекс морфологических признаков (см. таблицу) телиоспор гриба.

Если при визуальном просмотре пшеницы не будет выявлено заражения, то данный образец проверяют с помощью метода смыва и центрифугирования. Подробно этот метод описан в методических рекомендациях, написанных на базе ФГБУ «ВНИИКР» (Методические рекомендации по выявлению и идентификации возбудителя карликовой головни пшеницы, УДК 57 (094); Методические рекомендации по

drop and stick to healthy seeds and overwinter this way. The maximum infection of grain crops with this kind of pathogens occurs at 8–9 °C and a relative humidity of more than 50%. The Fig. 3 shows the development cycle of *Tilletia* spp. [10].

The agents of blunt diseases are diagnosed by traditional methods – visually, by washing and centrifuging followed by microscopy and morphometry. Visual inspection of wheat samples is carried out in order to identify infected sori followed by spore microscopy to identify the fungus species. To do this, a part of the smut bag (dusting mass) is scraped into a drop of water on a slide and carefully covered with a cover slip. The obtained slide is studied under the microscope starting at low magnification (10 x 10) and then at high magnification (10 x 20 and 10 x 40) in a bright field and in phase contrast. A complex of morphological characteristics of fungal teliospores is analyzed for precise pathogen identification (see Table).

If no infection is detected by visual investigation of wheat, then this sample is checked using the washing and centrifugation method. This technique is described in detail in the recommendations by FGBU “VNIKР” (Methodological recommendations for the detection and identification of dwarf bunt of wheat, UDC 57 (094); Methodological recommendations for the detection and identification of smut fungi in grain crops, UDC 57 (094)).

выявлению и идентификации головневых грибов в зерновых культурах, УДК 57 (094)).

Стоит отметить, что морфологические признаки некоторых видов головневых грибов схожи, например *T. controversa* и *T. caries*. Точность идентификации зависит от квалификации специалиста и используемой оптики. И в настоящее время актуальной задачей является разработка молекулярных методов диагностики для этих видов (*T. caries*, *T. laevis* и *T. controversa*) головневых грибов.

На базе ФГБУ «ВНИИКР» ведется работа по усовершенствованию выявления и идентификации головневых заболеваний пшеницы. Проведена апробация и оптимизация полимеразной цепной реакции (ПЦР) для диагностики карликовой головни. В настоящее время ведутся исследования по разработке специфичных праймеров и зондов для диагностики возбудителей головневых заболеваний методом ПЦР в реальном времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. International Trade Centre. – URL: <https://www.intracen.org> (дата обращения: 23.08.2020).
2. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – URL: <http://mcx.ru> (дата обращения: 23.08.2020).
3. EPPO Global Database. – URL: <http://gd.eppo.int> (дата обращения: 28.08.2020).
4. Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries. – URL: <http://www.agroatlas.ru> (дата обращения: 28.08.2020).
5. Лукомский А.В., Мартыненко В.П. Микология и альгология. Краткий курс. – Витебск: Изд-во УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2003. – 97 с.
6. Пересыпкин В.Ф. Болезни зерновых культур. – М.: Колос, 1979. – 279 с.
7. Игнатавичюте М.К. Головневые грибы Прибалтики. – Вильнюс: Минтис, 1975. – 278 с.
8. Каратыгин И.В. Возбудители головни зерновых культур. – Л.: Наука, 1986. – 108 с.
9. Компания «Химагромаркетинг». – URL: <http://himagromarketing.ru/ru> (дата обращения: 03.09.2020).
10. Калашников К.Я. Головня зерновых культур. – Л.: Колос, 1971. – 87 с.
11. Азбукина З.М., Каратыгин И.В. Определитель грибов России. Порядок Головневые. Вып. 2. – СПб.: Наука, 1995. – 203 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Уварова Дарья Анатольевна, младший научный сотрудник научного отдела молекулярно-генетических методов диагностики ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия.

Сурина Татьяна Александровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научного отдела молекулярно-генетических методов диагностики ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия.

It should be noted that morphological characteristics of some smut fungi are similar, e. g. *T. controversa* and *T. caries*. The identification accuracy depends on the specialist’s qualifications and the optics used. At present, the development of molecular diagnostic methods for these smut fungi species (*T. caries*, *T. laevis* и *T. controversa*) is a priority.

FGBU “VNIKР” conducts work to improve the detection and identification of wheat blunt diseases. The polymerase chain reaction (PCR) for diagnostics of dwarf bunt of wheat has been approved and optimized. Nowadays, research is done to develop specific primers and fluorescent reporter probes for the diagnosis of blunt pathogens by RT-PCR.

REFERENCES

1. International Trade Centre. URL: <https://www.intracen.org> (last accessed: 23.08.2020).
2. Ministry of Agriculture of the Russian Federation. URL: <http://mcx.ru> (last accessed: 23.08.2020). (In Russian.)
3. EPPO Global Database. URL: <http://gd.eppo.int> (last accessed: 28.08.2020).
4. Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries. URL: <http://www.agroatlas.ru> (last accessed: 28.08.2020). (In Russian.)
5. Lukomsky A.V., Martynenko V.P. Mycology and Algology. Short course [Mikologiya i algologiya. Kratky kurs]. Vitebsk: Publishing house Educational Institution “P. M. Masherov Vitebsk State University”, 2003. 97 p. (In Russian.)
6. Peresypkin V.F. Diseases of cereals [Bolezni zernovykh kultur]. M.: Kolos, 1979. 279 p. (In Russian.)
7. Ignatavichyute M.K. Smut fungi of the Baltic states [Golovnyovye griby Pribaltiki]. Vilnius: Minthis, 1975. 278 p. (In Russian.)
8. Karatygin I.V. Pathogens of grain crop smut [Vozbuditeli golovni zernovykh kultur]. L.: Nauka, 1986. 108 p. (In Russian.)
9. Company “Himagromarketing”. URL: <http://himagromarketing.ru/ru> (last accessed: 03.09.2020). (In Russian.)
10. Kalashnikov K.Y. Grain crop blunt [Golovnya zernovykh kultur]. L.: Kolos, 1971. 87 p. (In Russian.)
11. Azbukina Z.M., Karatygin I.V. Keys to the fungi of Russia. Smut fungi. Issue 2 [Opredelitel gribov Rossii. Poryadok golovnyovye. Vyp. 2]. SPb.: Nauka, 1995. 203 p. (In Russian.)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Daria Uvarova, Junior Researcher of Molecular and Genetic Diagnostic Methods Department of FGBU “VNIKР”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow region, Russia.

Tatyana Surina, PhD in Biology, Senior Researcher of Molecular and Genetic Diagnostic Methods Department of FGBU “VNIKР”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow region, Russia.