

УДК 619.615.9

DOI 10.30914/2411-9687-2021-7-3-259-265

ПОИСК АНТАГОНИСТОВ ПРОДУЦЕНТОВ МИКОТОКСИНОВ

С. А. Семёнова, Ю. В. Красовская, Ф. М. Нургалиев

Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. Микроскопические грибы являются продуцентами токсичных вторичных метаболитов – микотоксинов. Эти опасные вещества часто обнаруживаются в кормах для животных и приводят к их повышенной токсичности. Было предложено много стратегий по устранению негативного влияния микотоксинов на здоровье человека и животных. Одина из перспективных, но в то же время слабо разработанных – использование антагонистов продуцентов микотоксинов. Цель исследований – поиск антагонистов продуцентов микотоксинов. Материалом для исследования служили образцы почв из различных районов Республики Татарстан, из которых выделяли изоляты различных родов микроскопических грибов (родов *Candida*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*). Антагонистическое взаимодействие между микроорганизмами определяли методом штрихового посева, «чашечным» методом. В качестве тестовых штаммов использовали токсигенные штаммы *F. graminearum*, *A. flavus*, *F. sporotrichioides*. Были выделены и получены чистые культуры изолятов микромицетов. Определены их основные культурально-морфологические свойства, благодаря чему провели предварительную идентификацию до родовой и частично видовой принадлежности. Предварительно оценили токсигенность самих микромицетов, и эксперименты проводили только с атоксигенными изолятами. Каждому изоляту присваивали шифр. Установлены антагонистические отношения между некоторыми микромицетами. В отношении токсигенных микромицетов *F. graminearum* и *F. sporotrichioides* антагонизм проявили грибы рода *Aspergillus* и *Trichoderma*. Дрожжевые грибы, идентифицированные нами как представители рода *Candida*, рост токсигенных грибов не подавляли. Для дальнейших исследований были отобраны изоляты – антагонисты *Trichoderma* Tr2 и *A. flavus* As03.

Ключевые слова: антагонизм, продуценты микотоксинов, микроскопические грибы

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Семёнова С. А., Красовская Ю. В., Нургалиев Ф. М. Поиск антагонистов продуцентов микотоксинов // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2021. Т. 7. № 3. С. 259–265. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-3-259-265>

SEARCH FOR MYCOTOXIN PRODUCER ANTAGONISTS

S. A. Semenova, Yu. V. Krasovskaya, F. M. Nurgaliev

Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman, Kazan, Russian Federation

Abstract. Introduction. Microscopic fungi are producers of toxic secondary metabolites - mycotoxins. These hazardous substances are often found in animal feed and lead to its increased toxicity. Many strategies have been proposed to eliminate the negative effect of mycotoxins on human and animal health, one of the most promising, but at the same time poorly developed, is the use of antagonists of mycotoxin producers. **The aim** of the research was to find antagonists of mycotoxin producers. **Materials and methods.** Soil samples from various regions of the Republic of Tatarstan served as the material for the study, from which isolates of various genera of microscopic fungi (genera *Candida*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*) were isolated. The antagonistic interaction between microorganisms was determined by the method of streak inoculation, "plate" method. Toxigenic strains of *F. graminearum*, *A. flavus*, *F. sporotrichioides* were used as test strains. **Research results, discussion.** Pure cultures of micromycete isolates were isolated and obtained. Their main cultural and morphological properties were determined, due to which their preliminary identification was carried out to the generic and partly species affiliation. The toxigenicity of the micromycetes themselves was preliminarily assessed and the experiments were carried out only with atoxigenic isolates. Each isolate was assigned a code. Antagonistic relationships have been established between some micromycetes. Fungi of the genus *Aspergillus* and

Trichoderma exhibited antagonism against toxigenic micromycetes *F. graminearum* and *F. sporotrichioides*. Yeast fungi, identified by us as representatives of the genus *Candida*, did not suppress the growth of toxigenic fungi. An isolate antagonist of *Trichoderma* Tr2 and *A. flavus* As03 was selected for further research.

Keywords: antagonism, mycotoxin producers, microscopic fungi

The authors declare no conflict of interests.

For citation: Semenova S. A., Krasovskaya Yu. V., Nurgaliev F. M. Search for mycotoxin producer antagonists. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2021, vol. 7, no. 3, pp. 259–265. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-3-259-265>

Введение

Микроскопические грибы являются продуцентами токсичных вторичных метаболитов – микотоксинов. Продуценты, в большинстве своем, принадлежат к видам из родов *Fusarium*, *Aspergillus* и *Penicillium* и достаточно широко распространены [4; 5; 7; 8; 13].

Эти опасные вещества часто обнаруживаются в кормах для животных и приводят к их повышенной токсичности [9]. Поступление в организм кормов с микотоксинами может вызвать отравление, которое может сопровождаться гибелью животных, а в низких дозах может снизить продуктивность животных и их чувствительность к инфекционным заболеваниям [2; 3; 16; 17]. При этом микотоксины часто присутствуют в комбинации [10; 16; 19].

Было предложено много стратегий по устранению негативного влияния микотоксинов на здоровье человека и животных [14; 15; 21]. Одна из перспективных, но в то же время слабо разработанных – использование антагонистов продуцентов микотоксинов [11; 12; 18].

Цель исследований – поиск антагонистов продуцентов микотоксинов.

Материал и методы исследований

Материалом для исследования служили образцы почв из различных районов Республики Татарстан: образец почвы из Чистопольского района (чернозем), образец почвы из Арского района, из которых выделяли изоляты различных микроскопических грибов (родов *Candida*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*).

Выделение изолятов согласно методике, описанной в [20], с использованием специальной

среды для выделения микроскопических грибов: сахароза – 30,0 г, натрий азотнокислый – 3,0 г, калий фосфорнокислый однозамещенный – 1,0 г, магний сернокислый – 0,5 г, калий хлористый – 0,5 г, железо сернокислое закисное – 0,01 г, агар-агар – 20–30 г, вода дистиллированная – 1000 мл. Идентификацию выделенных изолятов грибов проводили по [1]. Антагонистическое взаимодействие между микроорганизмами определяли несколькими методами: метод штрихового посева, «чашечные» методы исследования антагонизма – по [20]. Метод штрихового посева – на МПА в чашке Петри штрихом наносили исследуемую культуру антагониста, через 5–7 суток перпендикулярно ей высевали штрихами испытуемые культуры бактерий, учет результатов производили через 7–14 сут. В качестве тестовых штаммов использовали токсигенные штаммы *F. graminearum*, *A. flavus*, *F. sporotrichioides*.

Результаты исследования и их обсуждение

Были выделены и получены чистые культуры изолятов микромицетов. Определены их основные культурально-морфологические свойства, благодаря чему провели предварительную их идентификацию до родовой и частично видовой принадлежности. Предварительно оценили токсигенность самих микромицетов, и эксперименты проводили только с атоксигенными изолятами. Каждому изоляту присваивали соответствующий шифр. Результаты исследования антагонистических свойств выделенных микроскопических грибов в отношении токсигенных микромицетов представлены в таблицах 1–4.

Таблица 1 / Table 1

Антагонизм выделенных микроскопических грибов *Aspergillus* в отношении токсигенных микромицетов /
Antagonism of isolated microscopic fungi *Aspergillus* against toxigenic micromycetes

Выделенные микромицеты / Isolated micromycetes	<i>F. graminearum</i>	<i>A. flavus</i>	<i>F. sporotrichioides</i>
1	2	3	4
<i>A. flavus</i> As01	-	-	-
<i>A. flavus</i> As02	+	-	-
<i>A. flavus</i> As03	+	+	+
<i>A. flavus</i> As04	-	-	-
<i>A. flavus</i> As07	+	-	+
<i>A. flavus</i> As08	+	-	+
<i>A. flavus</i> As011	+	-	+
<i>A. flavus</i> As012	+	-	+
<i>A. flavus</i> As014	-	-	-
<i>A. fumigatus</i> As02	-	-	-
<i>A. fumigatus</i> As021	+	-	+
<i>A. ochraceus</i> As031	+	+	-
<i>A. ochraceus</i> As32	+	+	-
<i>A. ochraceus</i> As34	+	-	-
<i>Aspergillus</i> spp. As1	+	-	-
<i>Aspergillus</i> spp. As2	+	-	-
<i>Aspergillus</i> spp. As3	+	-	-
<i>Aspergillus</i> spp. As4	+	-	-
<i>Aspergillus</i> spp. As7	-	-	-
<i>Aspergillus</i> spp. As8	+	-	-
<i>Aspergillus</i> spp. As9	-	-	-
<i>Aspergillus</i> spp. As10	-	-	-
<i>Aspergillus</i> spp. As11	+	-	+
<i>Aspergillus</i> spp. As12	-	-	-
<i>Aspergillus</i> spp. As12/2	+	-	+
<i>Aspergillus</i> spp. As13	-	-	-
<i>Aspergillus</i> spp. As14	-	-	-

Примечание: «+» – наличие антагонизма, «-» – отсутствие антагонизма

Как следует из данных, представленных в таблице 1, выделенные изоляты рода *Aspergillus* довольно активно проявляли антагонизм к токсигенному грибу *F. graminearum* – из 27 изолятов, 17 изолятов подавляли рост гриба, при этом антагонизм в отношении *F. sporotrichioides* был менее

выражен (8 изолятов), и еще меньше к *A. flavus* (3 изолята). Вероятно, здесь проявляются особенности межвидовых взаимодействий микромицетов [1; 20]. Более выражены были антагонистические свойства у вида *A. flavus*, и в частности, у изолята *A. flavus* As03.

Таблица 2 / Table 2

Антагонизм выделенных микроскопических грибов *Penicillium* в отношении токсигенных микромицетов /
Antagonism of isolated microscopic fungi *Penicillium* against toxigenic micromycetes

Выделенные микромицеты / Isolated micromycetes	<i>F. graminearum</i>	<i>A. flavus</i>	<i>F. sporotrichioides</i>
<i>Penicillium</i> spp. P1	-	-	-
<i>Penicillium</i> spp. P2	+	-	-
<i>Penicillium</i> spp. P4	-	-	-
<i>Penicillium</i> spp. P5	-	-	-
<i>Penicillium</i> spp. P6	-	-	-
<i>Penicillium</i> spp. P7	-	-	-
<i>Penicillium</i> spp. P8	-	-	-
<i>Penicillium</i> spp. P10	-	-	-
<i>Penicillium</i> spp. P12	+	+	+

Примечание: «+» – наличие антагонизма, «-» – отсутствие антагонизма

В то же время изоляты рода *Penicillium* проявляли антагонизм слабо: к грибу *F. graminearum* – из 9 изолятов лишь 2 изолята, в отношении *F. sporotrichioides* и *A. flavus* – 1 изолят. Более активен был изолят *Penicillium* spp. P12

Таблица 3 / Table 3

Антагонизм выделенных микроскопических грибов *Fusarium* в отношении токсигенных микромицетов /
Antagonism of isolated microscopic fungi *Fusarium* against toxigenic micromycetes

Выделенные микромицеты / Isolated micromycetes	<i>F. graminearum</i>	<i>A. flavus</i>	<i>F. sporotrichioides</i>
<i>F. sporotrichioides</i> Fs1	-	+	-
<i>F. graminearum</i> Fs1	-	-	-
<i>F. graminearum</i> Fs2	-	-	-
<i>Fusarium</i> spp. Fs1	-	-	-
<i>Fusarium</i> spp. Fs2	-	-	-
<i>Fusarium</i> spp. Fs4	-	+	-
<i>Fusarium</i> spp. Fs8	-	-	-

Примечание: «+» – наличие антагонизма, «-» – отсутствие антагонизма

Еще слабее проявляли антагонизм изоляты рода *Fusarium*: к грибу *F. graminearum* и *F. sporotrichioides* – из 7 изолятов ни один не подавлял роста, в отношении *A. flavus* – только 2 изолята.

Таблица 4 / Table 4

Антагонизм выделенных микроскопических грибов в отношении токсигенных микромицетов /
Antagonism of isolated microscopic fungi against toxigenic micromycetes

Выделенные микромицеты / Isolated micromycetes	<i>F. graminearum</i>	<i>A. flavus</i>	<i>F. sporotrichioides</i>
1	2	3	4
<i>Trichoderma</i> spp. Tr1	+	+	-

Окончание табл.

1	2	3	4
<i>Trichoderma spp. Tr2</i>	+	+	+
<i>Trichoderma spp. Tr3</i>	-	-	-
<i>Trichoderma spp. Tr4</i>	+	+	-
<i>C. albicans C1</i>	-	-	-
<i>C. pseudotropicalis Cp2/2</i>	-	-	-
<i>Candida spp. C01</i>	-	-	-
<i>Candida spp. C02</i>	-	-	-

Примечание: «+» – наличие антагонизма, «-» – отсутствие антагонизма

Как следует из данных, представленных в таблице 4, выделенные изоляты рода *Trichoderma* проявляли антагонизм к токсигенному грибу *F. graminearum* и *A. flavus* из 4 изолятов, 3 изолята активно подавляли рост гриба, антагонизм в отношении *F. sporotrichioides* был менее выражен (1 изолят). Дрожжевые грибы, идентифицированные нами как представители рода *Candida*, не подавляли рост токсигенных грибов вовсе.

Таким образом, присутствуют антагонистические отношения между некоторыми микромицетами. В отношении токсигенных микромицетов *F. graminearum* и *F. sporotrichioides* антагонизм проявили грибы рода *Aspergillus* и *Trichoderma*. Для дальнейших исследований были отобраны изоляты – антагонисты *Trichoderma Tr2* и *A. flavus As03*.

1. Билай Т. И., Курбацкий А. А. Определитель грибов. Киев : Наука думка, 1990. 485 с.
2. Валиев А. Р., Семёнов Э. И., Ахметов Ф. Г. Иммуносупрессия в патогенезе Т-2 микотоксикоза и ее фармакокоррекция // Ветеринарный врач. 2011. № 2. С. 4–6. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16320426> (дата обращения: 09.09.2021).
3. Влияние комплекса цеолита и шунгита на резистентность и продуктивность цыплят-бройлеров при смешанном микотоксикозе / Мишина Н. Н. [и др.] // Ветеринарный врач. 2018. № 6. С. 3–9. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36604581> (дата обращения: 09.09.2021).
4. Грибы продуценты афлатоксина В1 в Поволжье / Иванов А. В., [и др.] // Успехи медицинской микологии. 2014. Т. 13. С. 347–349. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22741888> (дата обращения: 09.09.2021).
5. Загрязненность продовольственного сырья грибом *Aspergillus fumigatus* / Э.И. Семёнов [и др.] // Успехи медицинской микологии. 2016. Т. 16. С. 225–227.
6. Комбинированные поражения животных и разработка средств профилактики и лечения: монография / Папуниди К. Х. [и др.]. Казань : ФЦТРБ-ВНИВИ, 2019. 248 с.
7. Микологическая оценка кормов в Республике Татарстан / Потехина Р. М. [и др.] // Ветеринарный врач. 2019. № 1. С. 19–23. DOI: <https://doi.org/10.33632/1998-698X.2019-1-19-24b>
8. Микофлора кормов в районах Республики Татарстан / Ермолаева О. К. [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2020. Т. 243. № 3. С. 84–87. DOI: <https://doi.org/0.31588/2413-4201-1883-243-3-84-87>
9. Оценка токсичности кормов по регионам Российской Федерации / Семенова С. А. [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2015. Т. 224. № 4. С. 196–199. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24502249> (дата обращения: 09.09.2021).
10. Папуниди К. Х., Семёнов Э. И., Кадиков И. Р. Проблема сочетанных отравлений животных // Ветеринария и кормление. 2018. № 2. С. 71–74. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34918506> (дата обращения: 09.09.2021).
11. Семенова С. А., Галиуллин А. К. Микробные антагонисты для биологической санации скотомогильников // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2010. Т. 204. С. 246–251. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16387345> (дата обращения: 09.09.2021).
12. Семенова С. А., Магдеева Э. А., Галиуллин А. К. Изучение антагонизма микроскопических грибов к патогенным микробам // Успехи медицинской микологии. 2014. Т. 12. С. 339–341. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22844344> (дата обращения: 09.09.2021).
13. Смоленцев С. Ю., Папуниди Э. К., Поликарпов И. Н. Микологический анализ кормов Куженерского района Республики Марий Эл // Ветеринарный врач. 2017. № 2. С. 38–42. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29025346> (дата обращения: 09.09.2021).

14. Стрoение и свойства лигнина как сорбента микотоксина Т-2 / Канарская З. А. [и др.] // Химия природных соединений. 2016. № 6. С. 924–928. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27367686> (дата обращения: 09.09.2021).
15. Тарасова Е. Ю., Семенов Э. И., Валиев А. Р., Матросова Л. Е. Поиск эффективных адсорбентов Т-2 токсина // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2019. Т. 5. № 3. С. 322–328. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2019-5-3-322-328>
16. Частота развития язвенных процессов в слизистой оболочке желудка свиней, обусловленных воздействием микотоксинов и колонизацией бактериями рода *Helicobacter* / Нургалеев Ф. М. [и др.] // Ветеринарный врач. 2020. № 2. С. 31–38. DOI: <https://doi.org/10.33632/1998-698X.2020-2-31-38>
17. Шакурова Н. В., Семенов Э. И., Савва В. Б. Влияние микотоксинов на ультраструктуру кортикальных элементов нефрона свиней // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2020. Т. 162. № 3. С. 350–360. DOI: <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2020.3.350-360>
18. Эндofитные бациллы – перспективные антагонисты патогенных микромицетов / Идиятов И. И. [и др.] // Проблемы медицинской микологии. 2021. Т. 23. № 2. С. 82. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46212929> (дата обращения: 09.09.2021).
19. Homeostatic system of sheep against the background of combined effects of pollutants and the use of therapeutic and preventive agents / Papunidi K. Kh. [et al.] // Bali Medical Journal. 2017. Vol. 6. No 2. 83 p.
20. Murray R. G. E., Loeb L. J. Antibiotics produced by micrococci and streptococci that show selective inhibition within the genus *Streptococcus* // Canad. J. Res. 1950. Vol. 28. Pp. 177–185.
21. Protective effect of adsorbent complex on morphofunctional state of liver during chicken polymycotoxicosis / Tarasova E. Yu. [et al.] // Systematic Reviews in Pharmacy. 2020. Vol. 11. No. 11. Pp. 264–268. DOI: <https://doi.org/10.31838/srp.2020.11.38>

Статья поступила в редакцию 13.09.2021 г.; одобрена после рецензирования 08.10.2021 г.; принята к публикации 19.10.2021 г.

Об авторах

Семёнова Светлана Аркадьевна

ведущий специалист, Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана (420029, Российская Федерация, г. Казань, Сибирский Тракт, д. 35), lanochka-vet@mail.ru

Красовская Юлия Викторовна

старший преподаватель Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана (420029, Российская Федерация, г. Казань, Сибирский Тракт, д. 35), ucheb_ot_kgavm@mail.ru

Нургалеев Фарит Муллагалиевич

доцент, Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана (420029, Российская Федерация, г. Казань, Сибирский Тракт, д. 35), nurgalievfm@gmail.com

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Bilay T. I., Kurbatskiy A. A. *Opredelitel' gribov* [Fungi determinant]. Kiev: Nauka dumka Publ., 1990, 485 p. (In Russ.).
2. Valiev A. R., Semenov E. I., Akhmetov F. G. *Immunosupressiya v patogeneze T-2 mikotoksikoza i eyo farmakokorreksiya* [Immunosuppression in the pathogenesis of T-2 mycotoxicosis and its pharmacocorrection]. *Veterinari vrach = Veterinarian*, 2011, no. 2, pp. 4–6. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16320426> (accessed: 09.09.2021). (In Russ.).
3. Mishina N. N. et al. *Vliyanie kompleksa tselolita i shungita na rezistentnost' i produktivnost' tsyplyat-broilerov pri smeshannom mikotoksikoze* [Influence of the complex of zeolite and shungite on the resistance and productivity of broiler chickens under a mixed mycotoxicosis]. *Veterinari vrach = Veterinarian*, 2018, no. 6, pp. 3–9. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36604581> (accessed: 09.09.2021). (In Russ.).
4. Ivanov A. V. et al. *Griby produtsenty aflatoksinov V1 v Povolzh'ye* [Mushrooms producers of aflatoxin B1 in the Volga region]. *Uspekhi meditsinskoj mikologii = Advances in Medical Mycology*, 2014, vol. 13, pp. 347–349. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22741888> (accessed: 09.09.2021). (In Russ.).
5. Semenov E. I. et al. *Zagryaznennost' prodovol'stvennogo syr'ya gribov Aspergillus fumigatus* [Contamination of food raw materials by the fungus *Aspergillus fumigatus*]. *Uspekhi meditsinskoj mikologii = Advances in Medical Mycology*, 2016, vol. 16, pp. 225–227. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33632/1998-698X.2019-1-19-24>
6. Papunidi K. Kh. et al. *Kombinirovannye porazheniya zhivotnykh i razrabotka sredstv profilaktiki i lecheniya* [Combined damage to animals and the development of means of prevention and treatment]. Kazan, FGBNU “FTSTRB-VNIVI” Publ., 2019, 248 p. (In Russ.).
7. Potekhina R. M. et al. *Mikologicheskaya otsenka kormov v Respublike Tatarstan* [Mycological assessment of feed in the Republic of Tatarstan]. *Veterinari vrach = Veterinarian*, 2019, no. 1, pp. 19–23. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33632/1998-698X.2019-1-19-24>
8. Ermolaeva O. K. et al. *Mikoflora kormov v rayonakh Respubliki Tatarstan* [Mykoflora of feed in the areas of the Republic of Tatarstan]. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoy akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Bauman* = Scientific Notes of

Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman, 2020, vol. 243, no. 3, pp. 84–87. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-243-3-84-87>

9. Semyonova S. A. et al. Otsenka toksichnosti kormov po regionam Rossiiskoi Federatsii [Toxicity evaluation of fodder from various regions of the Russian Federation]. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N. E. Baumana* = Scientific Notes of Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman, 2015, vol. 224, no. 4, pp. 196–199. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24502249> (accessed: 09.09.2021). (In Russ.).

10. Papunidi K. KH., Semenov E. I., Kadikov I. R. Problema sochetannykh otravlenii zhivotnykh [The problem of combined animal poisoning]. *Veterinariya i kormlenie* = Veterinary Medicine and Feeding, 2018, no. 2, pp. 71–74. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34918506> (accessed: 09.09.2021). (In Russ.).

11. Semenova S. A., Galiullin A. K. Mikrobnnye antagonisty dlya biologicheskoi sanatsii skotomogil'nikov [Microbial antagonists for biological sanitation of burial places]. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N. E. Baumana* = Scientific Notes of Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman, 2010, vol. 204, pp. 246–251. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16387345> (accessed: 09.09.2021). (In Russ.).

12. Semenova S. A., Magdeyeva E. A., Galiullin A. K. Izucheniye antagonizma mikroskopicheskikh gribov k patogennym mikrobam [Study of the antagonism of microscopic fungi to pathogenic microbes]. *Uspekhi meditsinskoi mikologii* = *Advances in Medical Mycology*, 2014, vol. 12, pp. 339–341. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22844344> (accessed: 09.09.2021). (In Eng.).

13. Smolentsev S. Yu., Papunidi E. K., Polikarpov I. N. Mikologicheskii analiz kormov Kuzhnerskogo rayona respublikii Marii El [Mycological analysis of fodders from Kuzhnersky region, the Republic of Mari El]. *Veterinarnyi vrach* = *Veterinarian*, 2017, no. 2, pp. 38–42. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29025346> (accessed: 09.09.2021). (In Russ.).

14. Kanarskaya Z. A. et al. Stroenie i svoystva lignina kak sorbenta miktokoksina T-2 [The structure and properties of lignin as a sorbent of mycotoxin T-2]. *Khimiya prirodnykh soedinenii* = *Chemistry of Natural Compounds*, 2016, no. 6, pp. 924–928. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27367686> (accessed: 09.09.2021). (In Russ.).

15. Tarasova E. Yu., Semenov E. I., Valiev A. R., Matrosova L. E. Poisk effektivnykh adsorbentov T-2 toksina [Search for effective T-2 toxin adsorbents]. *Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya "Sel'skokhozyaistvennyye nauki. Ekonomicheskie nauki"* = *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2019, vol. 5, no. 3, pp. 322–328. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2019-5-3-322-328>

16. Nurgaliev F. M. et al. Chastota razvitiya yazvennykh protsessov v slizistoi obolochke zheludka svinei, obuslovlennykh vozdeystviem miktokosinov i kolonizatsiei bakteriyami roda *Helicobacter* [Gastric ulcer in pigs and changes in the number of bacteria of the genus *Helicobacter* under the mycotoxins influence]. *Veterinarnyi vrach* = *Veterinarian*, 2020, no. 2, pp. 31–38. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33632/1998-698X.2020-2-31-38>

17. Shakurova N. V., Semenov E. I., Savva V. B. Vliyanie miktokosinov na ul'trastrukturu kortikal'nykh elementov nefrona svinei [Effect of mycotoxins on the ultrastructure of cortical elements in pig nephrons]. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki* = *Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series*, 2020, vol. 162, no. 3, pp. 350–360. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2020.3.350-360>

18. Idiyatov I. I. et al. Endofitnye batsilly – perspektivnyye antagonisty patogennykh mikromitsetov [Endophytic bacilli – promising antagonists of pathogenic micromycetes]. *Problemy meditsinskoi mikologii* = *Problems in Medical Mycology*, 2021, vol. 23, no. 2, pp. 82. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46212929> (accessed: 09.09.2021). (In Russ.).

19. Papunidi K. Kh. et al. Homeostatic system of sheep against the background of combined effects of pollutants and the use of therapeutic and preventive agents. *Bali Medical Journal*, 2017, vol. 6, no. 2, p. 83. (In Eng.).

20. Murray R. G. E., Loeb L. J. Antibiotics produced by micrococci and streptococci that show selective inhibition within the genus *Streptococcus*. *Canad. J. Res.*, 1950, vol. 28, pp. 177–185. (In Eng.).

21. Tarasova E. Yu. et al. Protective effect of adsorbent complex on morphofunctional state of liver during chicken polymycotoxicosis. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 2020, vol. 11, no. 11, pp. 264–268. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31838/srp.2020.11.38>

The article was submitted 13.09.2021; approved after reviewing 08.10.2021; accepted for publication 19.10.2021.

About the authors

Svetlana A. Semenova

Leading Specialist, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman (35 Siberian Tract, Kazan 420029, Russian Federation), lanochka-vet@mail.ru

Yulia V. Krasovskaya

Senior Teacher, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman, (35 Siberian Tract, Kazan420029, Russian Federation), ucheb_ot_kgavm@mail.ru

Farit M. Nurgaliev

Associate Professor, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman, (35 Siberian Tract, Kazan 420029, Russian Federation), nurgalievfm@gmail.com

All authors have read and approved the final manuscript.