

УДК 619:615.9:616-085

DOI 10.30914/2411-9687-2024-10-2-156-163

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ДОЗ И СХЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕЧЕБНЫХ СЫВОРОТОК ПРИ МИКОТОКСИКОЗЕ БЕЛЫХ КРЫС С ИЗУЧЕНИЕМ БИОХИМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ**Н. Н. Мишина, Э. И. Семёнов, З. Х. Сагдеева, А. Р. Валиев***Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности,
г. Казань, Российская Федерация*

Аннотация. Введение. Микотоксины могут вызывать множество негативных последствий для здоровья и создавать серьезный риск для здоровья как человека, так и скота. Микотоксины обладают канцерогенным, мутагенным, эмбриотоксическим, аллергическим, иммуносупрессивным действием – все это делает проблему микотоксикозов междисциплинарной и крайне актуальной в современных условиях. **Цель:** оценка эффективности доз и схем применения лечебных сывороток при микотоксикозе белых крыс с изучением биохимического профиля. **Материалы и методы.** Для проведения исследования задачи было сформировано девять групп самцов белых крыс по восемь в каждой. Первая группа животных служила биологическим контролем, крысам второй группы задавали Т-2 токсин в дозе 1/10 ЛД₅₀, крысам третьей группы – токсин и инъекции интактной сыворотки в начале опыта, на 7 и 14 сут эксперимента в дозе 0,5 мл на кг массы тела. Четвертая, пятая и шестая группы получали токсин и курс профилактики в виде инъекций антитоксической сыворотки в начале опыта, на 7 и 14 сут в дозах 0,1, 0,3, 0,5 мл/кг массы тела соответственно. Седьмая, восьмая и девятая группы получали токсин и курс лечения в виде инъекций антитоксической сыворотки на 7 и 14 сут эксперимента в дозах 0,1, 0,3, 0,5 мл/кг массы тела соответственно. По окончании эксперимента на 21 сут проводили эвтаназию по шесть животных из каждой группы с отбором крови для лабораторных исследований. **Результаты исследований.** Установлено, что применение терапии при микотоксикозе животных на основе антитоксической сыворотки на белых крысах обеспечивает нейтрализацию действия Т-2 токсина. При оценке защитной профилактической и лечебной эффективности выявили, что превентивная терапия предпочтительнее.

Ключевые слова: микотоксикозы, Т-2 токсин, биохимические показатели, крысы, антитоксическая сыворотка, иммунотерапия

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Определение эффективных доз и схемы применения лечебных сывороток при микотоксикозе белых крыс с изучением биохимического профиля / Н. Н. Мишина, Э. И. Семёнов, З. Х. Сагдеева, А. Р. Валиев // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2024. Т. 10. № 2. С. 156–163. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2024-10-2-156-163>

DETERMINATION OF EFFECTIVE DOSES AND REGIMEN OF THERAPEUTIC SERUMS FOR MYCOTOXICOSIS OF WHITE RATS WITH THE STUDY OF THE BIOCHEMICAL PROFILE**N. N. Mishina, E. I. Semenov, Z. Kh. Sagdeeva, A. R. Valiev***Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety,
Kazan, Russian Federation*

Abstract. Introduction. Mycotoxins can cause many negative health effects and pose serious health risks to both humans and livestock. Mycotoxins have carcinogenic, mutagenic, embryotoxic, allergic, immunosuppressive effects – all this makes the problem of mycotoxicosis interdisciplinary and extremely relevant in modern conditions. **The purpose** of the research is to evaluate the effectiveness of doses and regimen of therapeutic serums in mycotoxicosis of white rats with the study of the biochemical profile. **Materials and methods.** To conduct the research task, nine groups of male white rats were formed, eight in each. The first group of animals served as biological control, the rats of the second group were given T-2 toxin at a dose of 1/10 LD₅₀, the rats of the third group were given toxin and injections of intact serum at the beginning of the experiment, on days 7 and 14 of the experiment at a dose of 0.5 ml per kg of body weight. The fourth, fifth and sixth groups

received the toxin and a course of prophylaxis in the form of antitoxic serum injections at the beginning of the experiment, on days 7 and 14 at doses of 0.1, 0.3, 0.5 ml per kg of body weight, respectively. The seventh, eighth and ninth groups received toxin and a course of treatment in the form of injections of antitoxic serum on days 7 and 14 of the experiment at doses of 0.1, 0.3, 0.5 ml per kg of body weight, respectively. At the end of the experiment, on day 21, six animals from each group were euthanized with blood sampling for laboratory studies. **Research results, discussion.** It was established that the use of therapy for mycotoxicosis of animals based on antitoxic serum in white rats neutralized the effect of T-2 toxin. When evaluating the protective, preventive and therapeutic effectiveness, it was revealed that preventive therapy is preferable.

Keywords: mycotoxicosis, T-2 toxin, biochemical parameters, rats, antitoxic serum, immunotherapy

The authors declare no conflict of interest.

For citation: *Mishina N. N., Semenov E. I., Sagdeeva Z. Kh., Valiev A. R.* Determination of effective doses and regimen of therapeutic serums for mycotoxicosis of white rats with the study of the biochemical profile. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2024, vol. 10, no. 2, pp. 156–163. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2024-10-2-156-163>

Введение

Микотоксины – токсины природного происхождения, вырабатываемые некоторыми видами плесневых грибов, иногда присутствующие в продуктах питания [1; 2]. Они провоцируют специфические заболевания животных и птицы – микотоксикозы, течение и тяжесть которых зависят от концентрации микотоксинов, продолжительности их поступления в организм, индивидуальной чувствительности животного и ряда других факторов [3; 4]. Негативное воздействие микотоксинов на здоровье может принимать различные формы – от острого отравления до хронических нарушений, таких как иммунодефицит и рак [5; 6]. Микотоксины опасны для животных и птицы в первую очередь тем, что большинство из них являются сильными иммуносупрессорами, препятствуют усвоению питательных веществ корма, а также могут вызывать повреждение слизистых оболочек желудочно-кишечного тракта, что, в свою очередь, может открыть доступ патогенам, отрицательно влияет на работу печени и почек [7; 8].

Специфических средств для профилактики и лечения микотоксикозов нет, поэтому большое внимание уделяется вопросам общей профилактики. Так, наиболее распространено использование энтеросорбентов, которые добавляют в корм, пробиотиков, антиоксидантов [9; 10].

Антитоксические сыворотки в медицинской и ветеринарной практике микотоксикозов отсутствуют, т. к. микотоксины относятся к низкомолекулярным соединениям и способности образовывать антитела у них нет, поэтому лечения на

основе иммунологических сывороток не разработано. На основании собственных исследований было установлено, что применение терапии при микотоксикозе животных на основе антитоксической сыворотки на белых крысах обеспечивает нейтрализацию действия T-2 токсина¹.

Целью исследования явилась оценка эффективности различных схем и доз применения лечебных сывороток при микотоксикозе белых крыс с изучением биохимического профиля

Материалы и методы исследований

Работа выполнена в лаборатории микотоксинов отделения токсикологии ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» (г. Казань). Исследование антитоксической сыворотки при микотоксикозе животных проводили на крысах линии Wistar. Для выполнения поставленной задачи было сформировано девять групп самцов белых крыс с массой тела от 180 до 185 г, которых разделили по принципу аналогов (n=8). Первая группа животных служила биологическим контролем, крысам второй группы задавали T-2 токсин (производство «Sigma-Aldrich») в виде 5 % водно-спиртового раствора в дозе 1/10 ЛД₅₀ в течение 21 сут, крысам

¹ Патент № 2804773 С1 Российская Федерация, МПК А61К 35/00. Способ получения лечебной сыворотки для терапии микотоксикозов животных : № 2023110771 : заявл. 25.04.2023 : опубл. 05.10.2023 / Э. И. Семенов, Н. Н. Мишина, З. Х. Сагдеева [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности». EDN КНЕКНР (дата обращения: 15.02.2024).

третьей группы задавали токсин и проводили инъекции интактной сыворотки в начале опыта, на 7 и 14 сут эксперимента в дозе 0,5 мл на кг массы тела. Четвертая, пятая и шестая группы получали токсин и курс профилактики в виде инъекций антитоксической сыворотки в начале опыта, на 7 и 14 сут в дозах 0,1; 0,3; 0,5 мл кг массы тела соответственно. Седьмая, восьмая и девятая группы получали токсин в и курс лечения в виде инъекций антитоксической сыворотки на 7 и 14 сут эксперимента в дозах 0,1; 0,3; 0,5 мл/кг массы тела соответственно.

В течение эксперимента вели учет выживаемости, динамики изменения массы тела. По окончании эксперимента проводили эвтаназию по шесть животных из каждой группы с отбором крови для лабораторных исследований. Исследование биохимических показателей проводили с помощью биохимического анализатора «Micro-lab 300» (Нидерланды).

Для оценки статистической значимости межгрупповых различий использовали тест Краскела-Уоллиса; критическим уровнем статистической значимости принимали $p=0,05$. В случае обнаружения статистически значимых различий в тесте Краскела – Уоллиса апостериорно прово-

дился тест Манна – Уитни. Тест Манна – Уитни проводился по двум протоколам: группа биологического контроля попарно сравнивалась со всеми остальными группами, группа токсического контроля попарно сравнивалась с группами животных, которым вводили лечебные сыворотки на фоне микотоксикоза. В обоих случаях значение p корректировалось с учетом поправки Бонферрони (принимались значения $p \approx 0,010$ и $p \approx 0,017$ соответственно).

Результаты исследований

При микотоксикозе у некоторых белых крыс из второй, третьей, седьмой, восьмой и девятой на 5 сут эксперимента наблюдалось угнетение, снижение двигательной активности, пищевой возбудимости, разжижение фекалий, взъерошенность шерстного покрова, анемичность слизистых оболочек. На 15 сут была отмечена гибель двух животных из второй группы, на 17 сут пали 2 крысы из третьей группы.

У животных, получавших антитоксическое лечение, клинические признаки интоксикации проявились в меньшей степени у части животных.

Данные массы тела белых крыс в ходе эксперимента представлены на рисунке 1.

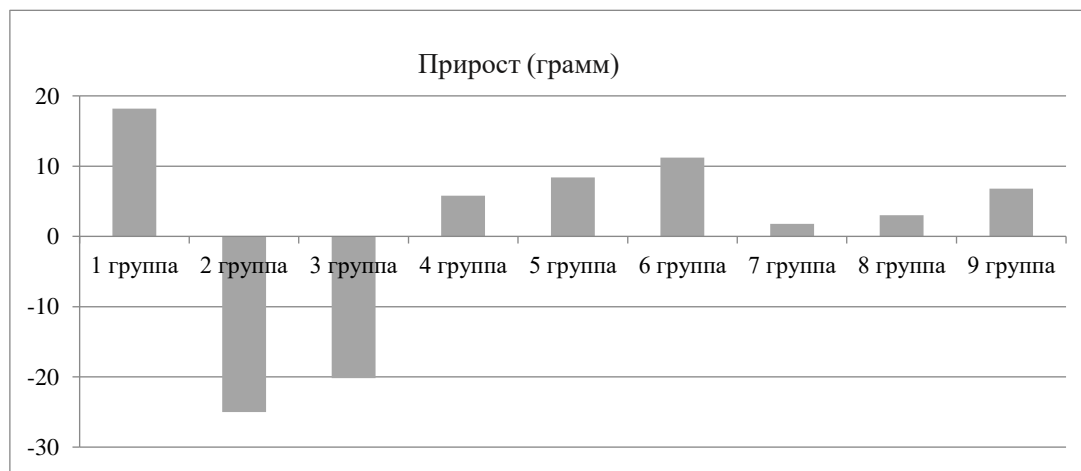


Рис. 1. Прирост живой массы тела белых крыс в ходе эксперимента /
Fig. 1. Live body weight gain of white rats during the experiment

Результаты исследования динамики живой массы показали, что наилучший абсолютный прирост массы тела (рис. 1) из всех опытных групп оставался в пятой и шестой группах по отношению к данным контроля, т. е. у животных, которые получали токсин в аналогичной дозировке и курс профилактики в виде инъекций антитоксической сыворотки.

Одного клинического осмотра недостаточно, чтобы объективно показать тяжесть заболевания, тогда как биохимический анализ позволяет оценить работу внутренних органов, выявить скрытые нарушения, а также степень развития того или иного патологического процесса, дать прогноз течения заболевания, и на органо-ферментном уровне обосновать применяемую терапию.

В эксперименте на крысах наблюдали усиление дисфункции печени при введении крысам микотоксина Т-2. Повышение уровня активности аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспаратами-

нотрансферазы (АСТ) и щелочной фосфатазы (ЩФ) в сыворотке крови говорит о повреждении гепатоцитов в результате перекисного окисления липидов, которое вызывает микотоксин (рис. 2).

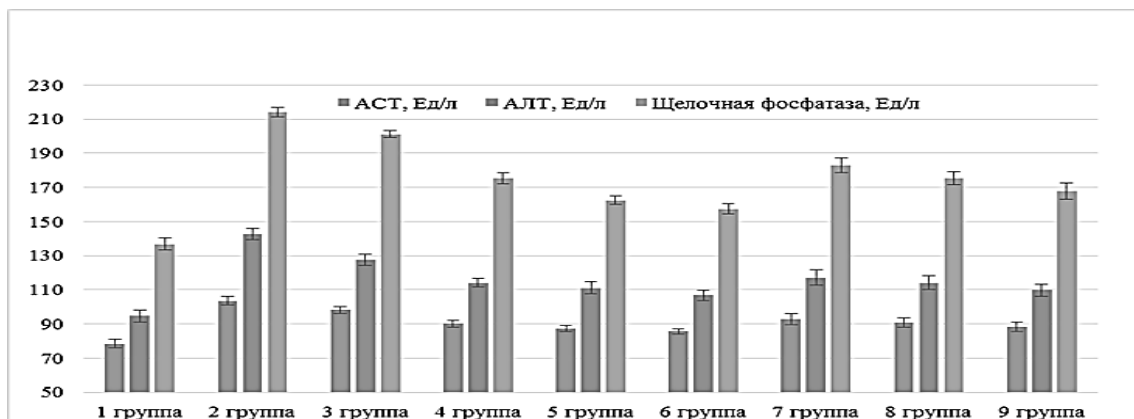


Рис. 2. Активность печеночных ферментов у белых крыс при Т-2 токсикозе в ходе эксперимента (M±m; n=6) / Fig. 2. Liver enzymes activity in white rats with T-2 toxicosis during the experiment (M±m; n=6)

Фермент печени АЛТ был значительно повышен во второй и третьей группах и достоверно отличался относительно биологического контроля на 32,1 и 25,2 % соответственно. Наименьшее повышение отмечалось в группах пять и шесть, которое составило 9,2 и 11,5 % соответственно. Далее по возрастанию расположились группы девять, четыре, восемь и семь, увеличение от значений первой группы составило 12,6; 14,9; 16,1 и 18,3 % соответственно. Аналогичная тенденция наблюдалась при исследовании уровней АЛТ и ЩФ.

Количество общего билирубина – суммы промежуточных продуктов метаболизма гемоглобина, изменялась следующим образом – значительное его повышение от данных контроля

отмечалось во второй и третьей группах – на 17,0 и 12,5 % соответственно. В остальных группах его повышение было незначительным и колебалось в пределах от 5,1 % в шестой группе и до 8,5 % в седьмой группе. Уровень триглицеридов в крови был значительно повышен в группе токсического контроля, а также интактной – 32,4 и 23,1 % соответственно. Наименьшее увеличение показателя было в шестой группе – 9,3 % (рис. 3).

Исследование биохимических показателей сыворотки крови – маркеров функционального состояния почек, белкового и минерального обмена позволяет выявить многие патологические процессы в организме, которые могут протекать бессимптомно. Результаты представлены в таблице 1.

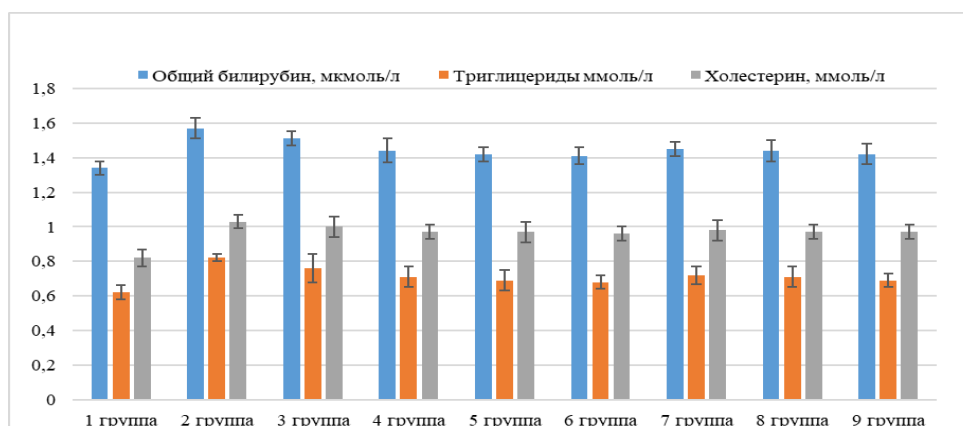


Рис. 3. Содержание общего билирубина и холестерина у белых крыс при Т-2 токсикозе в ходе эксперимента (M±m; n=6) / Fig. 3. Total bilirubin and cholesterol content in white rats with T-2 toxicosis during the experiment (M±m; n=6)

Таблица 1 / Table 1

Биохимические показатели сыворотки крови – маркеров функционального состояния почек, белкового и минерального обмена у белых крыс в ходе эксперимента (M±m; n=6) /
Biochemical blood serum indicators – markers of the functional state of the kidneys, protein and mineral metabolism in white rats during the experiment (M±m; n=6)

Группа / Group	Показатель, единица измерения / Indicator, unit of measurement					
	Креатинин, мкмоль/л / Creatinine, μmol/l	Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	Белок общий, г/л / Total protein, g/l	Глюкоза, ммоль /л / Glucose, mmol/l	Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/l	Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/l
1	40,60± ±2,04	6,40± ±0,40	64,30± ±1,20	8,40± ±0,61	2,40± ±0,28	1,10± ±0,12
2	31,70± ±2,11 ^A	7,40± ±0,60 ^A	50,93± ±1,06 ^A	6,23± ±0,42 ^A	1,73± ±0,12	1,37± ±0,04
3	34,10± ±1,80 ^A	7,10 ±0,43 ^A	54,49± ±1,36 ^B	6,81± ±0,52 ^A	1,91± ±0,64	1,30± ±0,10
4	37,40± ±1,86 ^B	6,80± ±0,55 ^B	58,50± ±1,80 ^B	7,46± ±0,34 ^B	2,11± ±0,44	1,22± ±0,12
5	37,60± ±2,00 ^B	6,70± ±0,52 ^B	59,40 ±1,34 ^B	7,61± ±0,56 ^B	2,15± ±0,36	1,20± ±0,14
6	37,90± ±3,00 ^B	6,70± ±0,46 ^B	60,29 ±1,08 ^B	7,75± ±0,35 ^B	2,20± ±0,36	1,18± ±0,18
7	36,20± ±2,00 ^B	6,90± ±0,40 ^B	57,61 ±1,80 ^B	7,32± ±0,54 ^A	2,06± ±0,30	1,24± ±0,02
8	36,80± ±2,60 ^B	6,80± ±0,50 ^B	58,50 ±1,34 ^B	7,46± ±0,34	2,11± ±0,28	1,22± ±0,16
9	37,80± ±1,80 ^B	6,70± ±0,46 ^B	59,40 ±1,28 ^B	7,61± ±0,56 ^B	2,15± ±0,36	1,20± ±0,18

Примечания

1^A – статистически значимые отличия от группы № 1 (биологический контроль).

2^B – статистически значимые отличия от группы № 2.

3^B – статистически значимые отличия одновременно и от группы № 1, и от группы № 2.

Общий белок определяет многие иммунные свойства организма. Содержание общего белка было значительно снижено в группе токсического контроля, интактной и седьмой группах, и отличалось от группы контроля на 20,8; 15,3 и 10,4 %. В остальных группах концентрация общего белка была снижена незначительно и колебалась в пределах от 6,2 % в шестой группе до 9,0 % в четвертой и восьмой группах.

Количество глюкозы в крови – немаловажный показатель, который говорит о нарушении обмена веществ в организме. В опыте на крысах количество данного показателя значительно было снижено в интактной группе и группе токсического контроля на 18,9 и 25,8 % соответственно, относительно данных контроля. В остальных

группах эти значения были менее выражены и расположились в пределах от 7,7 % в шестой группе до 12,9 % в седьмой группе, которые получали токсин в аналогичной дозировке и курсе профилактики и лечения в виде инъекций анти-токсической сыворотки.

Исследование кальция имеет не меньшее диагностическое значение. Так, в опытах на животных наибольшее снижение его отмечалось в группе токсического контроля и интактной, животным которой задавали микотоксин и проводили инъекции интактной сыворотки в начале опыта – на 28,1 и 20,6 % соответственно относительно данных первой группы. Наименьшее понижение его отмечалось в шестой группе, животные которой получали токсин в аналогичной

дозировке и курс профилактики в виде инъекций антитоксической сыворотки, и составило 8,4 %. Количество фосфора в интактной группе и группе токсического контроля было увеличено на 18,0 и 24,6 % от данных первой группы соответственно. В шестой группе животных повышение было наименьшим – 7,4 %.

Заключение

Таким образом, результаты исследований показали дозозависимый защитный эффект от применения лечебной сыворотки. Терапевтический

эффект наступал уже при дозе 0,1 мл на кг массы тела, который возрастал с увеличением дозы. Применение лечения при микотоксикозе животных на основе антитоксической сыворотки на белых крысах обеспечивает нейтрализацию действия Т-2 токсина. При оценке защитной профилактической и лечебной эффективности выявили, что превентивная терапия предпочтительнее, так как при наступлении клинических признаков, курс лечения дает меньший терапевтический эффект, чем при введении сыворотки с началом введения токсина.

1. Мониторинг безопасности пшеницы продовольственной по физико-химическим показателям в Республике Татарстан за первое полугодие 2020 года / З. Д. Муртазина, А. А. Саматова, Э. Ф. Фасхутдинова [и др.] // Ветеринарный врач. 2020. № 6. С. 37–42. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-bezopasnosti-pshenitsy-prodovolstvennoy-po-fiziko-himicheskim-pokazatelyam-v-respublike-tatarstan-za-pervoe-polugodie?ysclid=lxn9aybi3f146462543> (дата обращения: 15.02.2024).

2. Матросова Л. Е., Ермолаева О. К., Иванов А. А. Мониторинг микроскопических грибов в сельскохозяйственной продукции Республики Татарстан // Ветеринарный врач. 2009. № 3. С. 52–53. URL: <https://elibrary.ru/kvcgjl?ysclid=lxn9wjtujn770717932> (дата обращения: 15.02.2024).

3. Сочетанное действие диоксинов, микотоксинов и токсичных элементов на животных / И. Р. Кадиков, В. Р. Сайтов, К. Х. Папуниди [и др.] // Ветеринария. 2014. № 9. С. 47–51. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21916259&ysclid=lxna2s3wvb856753940> (дата обращения: 15.02.2024).

4. Экспериментальный сочетанный микотоксикоз свиней на фоне инфекционной нагрузки / Э. И. Семенов, Л. Е. Матросова, С. А. Танасева [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 2. С. 371–383. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.2.371rus>

5. Ветеринарно-санитарная оценка мяса цыплят-бройлеров при микотоксикозе на фоне применения комплексного профилактического средства «Цеапитокс» / К. В. Перфилова, Н. Н. Мишина, Э. И. Семенов, О. К. Ермолаева // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2021. Т. 7. № 4 (28). С. 375–381. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-4-375-381>

6. Папуниди Э. К., Трмасов М. Я., Тарасова Е. Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса овец при остром и подостром Т-2 микотоксикозе на фоне применения лекарственных средств // Ветеринарный врач. 2010. № 2. С. 21–23. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=14869519> (дата обращения: 15.02.2024).

7. Влияние афлатоксина В1 на накопление малонового диальдегида в первичных культурах клеток печени / А. И. Самсонов, О. В. Шлямина, А. Р. Макаева, Ж. Р. Насыбуллина // Современные проблемы экспериментальной и клинической токсикологии, фармакологии и экологии: сб. тезисов докладов Международной научно-практической конференции (г. Казань, 09–10 сентября 2021 г.). Казань : Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности. 2021. С. 191–195. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48054273&ysclid=lxnbcwxcxf293771517> (дата обращения: 15.02.2024).

8. Самсонов А. И., Шлямина О. В., Насыбуллина Ж. Р. Изучение цитотоксического эффекта афлатоксина В1 на перерабатываемые культуры клеток // Ветеринарный врач. 2021. № 3. С. 52–57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenietsitotoksicheskogo-effekta-aflatoksina-v1-na-perevivaemye-kultury-kletok?ysclid=lxnbp9wkbp352816510> (дата обращения: 15.02.2024).

9. Эффективность адсорбентов при сочетанном микотоксикозе цыплят-бройлеров / С. А. Танасева, Е. Ю. Тарасова, Л. Е. Матросова, Э. И. Семенов // Международный вестник ветеринарии. 2020. № 4. С. 50–56. URL: <https://vetjournal.spbguvm.ru/jour/article/view/313> (дата обращения: 15.02.2024).

10. Effect Of Bee Brood And Zeolite On Broiler Chickens Exposed By Mycotoxin T-2 / E. I. Semenov, N. N. Mishina, V. R. Saitov [et al.] // Natural Volatiles and Essential Oils. 2021. Vol. 8. No. 4. Pp. 3520–3531. URL: <https://nveo.org/index.php/journal/article/view/846> (дата обращения: 15.02.2024).

Статья поступила в редакцию 24.03.2024 г.; одобрена после рецензирования 21.05. 2024 г.; принята к публикации 11.06.2024 г.

Об авторах

Мишина Наиля Наримановна

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией фармакологии лекарственных средств отделения токсикологии, Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности (420075, Российская Федерация, г. Казань, Научный городок, д. 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9312-0970>, mishinanailyan@yandex.ru

Семёнов Эдуард Ильясович

доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, заведующий отделением токсикологии, Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности (420075, Российская Федерация, г. Казань, Научный городок, д. 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3029-7170>, semyonov@bk.ru

Сагдеева Зухра Халимовна

младший научный сотрудник сектора по испытаниям на микотоксины Испытательного центра, Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности (420075, Российская Федерация, г. Казань, Научный городок, д. 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8670-1742>, szh196@mail.ru

Валиев Алмаз Рафаильевич

старший научный сотрудник сектора по испытаниям на микотоксины Испытательного центра, Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности (420075, Российская Федерация, г. Казань, Научный городок, д. 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7187-4328>, valalmaz@yandex.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Murtazina Z. D., Samatova A. A., Faskhutdinova E. F., Ataeva Yu. G., Mukharlyamova A. Z., Shlyamina O. V. Monitoring bezopasnosti pshenitsy prodovol'stvennoi po fiziko-khimicheskim pokazatelyam v Respublike Tatarstan za pervoe polugodie 2020 goda [Wheat food safety monitoring by physical and chemical indicators in the Republic of Tatarstan for the first half of 2020]. *Veterinarnyi vrach = The Veterinarian*, 2020, no. 6, pp. 37–42. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-bezopasnosti-pshenitsy-prodovol'stvennoy-po-fiziko-himicheskim-pokazatelyam-v-respublike-tatarstan-za-pervoe-polugodie?ysclid=lxn9aybi3f146462543> (accessed 15.02.2024). (In Russ.).

2. Matrosova L. E., Ermolaeva O. K., Ivanov A. A. Monitoring mikroskopicheskikh gribov v sel'skokhozyaistvennoi produktsii Respubliki Tatarstan [The monitoring microscopic fungi in Tatarstan Republic agricultural products]. *Veterinarnyi vrach = The Veterinarian*, 2009, no. 3, pp. 52–53. Available at: <https://elibrary.ru/kvcglj?ysclid=lxn9wjutjn770717932> (accessed 15.02.2024). (In Russ.).

3. Kadikov I. R., Saitov V. R., Papunidi K. Kh., Tremasov M. Ya., Idiyatov I. I. Sochetannoe deistvie dioksinov, mikotoksinov i toksichnykh elementov na zhivotnykh [The combined influence of dioxins, mycotoxins and toxic elements on animals]. *Veterinariya = Veterinary Medicine*, 2014, no. 9, pp. 47–51. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21916259&ysclid=lxna2s3wvb856753940> (accessed 15.02.2024). (In Russ.).

4. Semenov E. I., Matrosova L. E., Tanaseva S. R., Valiev A. R., Potekhina R. M., Tarasova E. Yu., Spiridonov G. N., Gubeeva E. G., Mishina N. N. Eksperimental'nyi sochetannyi mikotoksikoz svinei na fone infektsionnoi nagruzki [Experimental combined mycotoxicosis in pigs as affected by infection load]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2022, vol. 57, no. 2, pp. 371–383. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.2.371rus>

5. Perfilova K. V., Mishina N. N., Semenov E. I., Ermolaeva O. K. Veterinarno-sanitarnaya otsenka myasa tsyplyat-broilerov pri mikotoksikoze na fone primeneniya kompleksnogo profilakticheskogo sredstva «Tseapitoks» [Veterinary and sanitary assessment of broiler chicken meat in mycotoxicosis on the background of application of the complex preventive agent “Zeapitox”]. *Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: “Sel'skokhozyaistvennyye nauki. Ekonomicheskie nauki” = Vestnik of the Mari State University. Chapter “Agriculture. Economics”*, 2021, vol. 7, no. 4 (28), pp. 375–381. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-4-375-381>

6. Papunidi E. K., Tremasov M. Ya., Tarasova E. Y. Veterinarno-sanitarnaya ekspertiza myasa ovets pri ostrom i podostrom T-2 mikotoksikoze na fone primeneniya lekarstvennykh sredstv [The veterinary-sanitary expertise of sheep meat by acute and subacute T-2 mycotoxicosis against the background medicinal agents]. *Veterinarnyi vrach = The Veterinarian*, 2010, no. 2, pp. 21–23. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=14869519> (accessed 15.02.2024). (In Russ.).

7. Samsonov A. I., Shlyamina O. V., Makaeva A. P., Nasybullina Zh. R. Vliyanie aflatoksina B1 na nakoplenie malonovogo dial'degida v pervichnykh kul'turakh kletok pecheni [The effect of aflatoxin B1 on the accumulation of malondialdehyde in primary liver cell cultures]. *Sovremennye problemy eksperimental'noi i klinicheskoi toksikologii, farmakologii i ekologii : sb. tezisev dokladov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Modern problems of experimental and clinical toxicology, pharmacology and ecology: collection of abstracts of the International scientific and practical conference (Kazan, September 09–10, 2021)*, Kazan, Publ. house of the Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, 2021, pp. 191–195. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48054273&ysclid=lxnbcwxcxf293771517> (accessed 15.02.2024). (In Russ.).

8. Samsonov A. I., Shlyamina O. V., Nasybullina Zh. R. Izuchenie tsitotoksicheskogo effekta aflatoksina B1 na perevivaemye kul'tury kletok [Study of the cytotoxic effect of aflatoxin B1 on transferable cell crops]. *Veterinarnyi vrach = The Veterinarian*, 2021, no. 3, pp. 52–57. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-tsitotoksicheskogo-effekta-aflatoksina-v1-na-perevivaemye-kul'tury-kletok?ysclid=lxnbp9wkb352816510> (accessed 15.02.2024). (In Russ.).

9. Tanaseva S. A., Tarasova E. Yu., Matrosova L. E., Semenov E. I. Effektivnost' adsorbentov pri sochetannom mikotoksikoze tsyplyat-broilerov [The efficiency of adsorbents in broiler chickens with complex mycotoxicosis]. *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii* = International Journal of Veterinary Medicine, 2020, no. 4, pp. 50–56. Available at: <https://vetjournal.spbguvn.ru/jour/article/view/313> (accessed 15.02.2024). (In Russ.).

10. Semenov E. I., Mishina N. N., Saitov V. R., Perfilova K. V., Kashevarov G. S., Tanaseva S. A., Idiyatov I. I., Tarasova E. Yu., Matrosova L. E., Shlyamina O. V., Nasybullina Zh. R., Sharshov K. A. Effect of bee brood and zeolite on broiler chickens exposed by mycotoxin T-2. *Natural Volatiles and Essential Oils*, 2021, vol. 8, no. 4, pp. 3520–3531. Available at: <https://nveo.org/index.php/journal/article/view/846> (accessed 15.02.2024). (In Eng.).

The article was submitted 24.03.2024; approved after reviewing 21.05.2024; accepted for publication 11.06.2024.

About the authors

Nailya N. Mishina

Ph. D. (Biology), Leading Researcher of the Laboratory, Acting Head of the Laboratory of Pharmacology of Medicinal Products of the Department of Toxicology, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety (2-Nauchny Gorodok, Kazan 420075, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9312-0970>, mishinanailyan@yandex.ru

Eduard I. Semenov

Dr. Sci. (Veterinary), Chief Researcher, Head of the Toxicology Department, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety (2-Nauchny Gorodok, Kazan 420075, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3029-7170>, semyonovei@bk.ru

Zukhra Kh. Sagdeeva

Junior Researcher of the Mycotoxin Testing Sector of the Testing Center, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety (2-Nauchny Gorodok, Kazan 420075, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8670-1742>, szh196@mail.ru

Almaz R. Valiev

Senior Researcher of the Mycotoxin Testing Sector of the Testing Center, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety (2-Nauchny Gorodok, Kazan 420075, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7187-4328>, valalmaz@yandex.ru

All authors have read and approved the final manuscript.