

УДК 619:615.9:616-085

DOI 10.30914/2411-9687-2023-9-2-190-196

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО СОРБЕНТА НА ПЕЧЕНОЧНЫЙ ПРОФИЛЬ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ СОЧЕТАННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ТОКСИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**З. Х. Сагдеева***Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности,
г. Казань, Российская Федерация*

Аннотация. Введение. В практическом производстве интенсивно выращиваемые бройлеры постоянно и неизбежно подвергаются многочисленным окислительным стимулам, включая высокую температуру окружающей среды, окисленные масла и жиры, патогены, микотоксины, тяжелые металлы и другие токсичные и опасные вещества, которые могут вызывать окислительный стресс и вызывать окислительное повреждение. Одной из основных тенденций современной сельскохозяйственной технологии является применение биологически активных веществ, синтезируемых микроорганизмами, способствующих росту, развитию растений и животных и улучшению их физиологического состояния. **Цель** – изучение изменений показателей печеночного профиля сыворотки крови и оценка эффективности модифицированного сорбента при сочетанном токсикозе цыплят-бройлеров. **Материалы и методы.** Цыплята-бройлеры с массой тела к началу исследования 800–1000 г были разделены на 4 группы: 1 – биологический контроль; 2 – токсический контроль (Т-2 токсин+ДОН+кадмий+дикват); 3 – токсический контроль + сорбент; 4 – биологический контроль + сорбент. **Результаты исследований.** В результате проведенного анализа биохимических параметров сыворотки крови цыплят-бройлеров можно судить об эффективности модифицированного сорбента при сочетанном воздействии токсических веществ.

Ключевые слова: экотоксиканты, печеночный профиль, цыплята-бройлеры, кормовая добавка

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Сагдеева З. Х. Влияние модифицированного сорбента на печеночный профиль цыплят-бройлеров при сочетанном воздействии токсических веществ // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 2. С. 190–196. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-2-190-196>

THE EFFECT OF THE MODIFIED SORBENT ON THE LIVER PROFILE OF BROILER CHICKENS WITH COMBINED EXPOSURE TO TOXIC SUBSTANCES**Z. Kh. Sagdeeva***Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan, Russia*

Abstract. Introduction. In practical production, intensively grown broilers are constantly and inevitably exposed to numerous oxidative stimuli, including high ambient temperature, oxidized oils and fats, pathogens, mycotoxins, heavy metals and other toxic and dangerous substances that can cause oxidative stress and oxidative damage. One of the main trends of modern agricultural technology is the use of biologically active substances synthesized by microorganisms that promote the growth, development of plants and animals and improve their physiological state. **The purpose of the article** is to study changes in the liver profile of blood serum and evaluate the effectiveness of the modified sorbent in combined toxicosis of broiler chickens. **Materials and methods.** Broiler chickens with a body weight of 800–1000 g by the beginning of the study were divided into 4 groups: 1 – biological control; 2 – toxic control (T-2 toxin + DON + cadmium+ diquat); 3 – toxic control + sorbent; 4 – biological control + sorbent. **Research results, discussion.** As a result of the analysis of the biochemical parameters of the blood serum of broiler chickens, it is possible to judge the effectiveness of the modified sorbent under the combined effects of toxic substances.

Key words: ecotoxicants, liver profile, broiler chickens, feed additive

The author declares no conflict of interest.

For citation: Sagdeeva Z. Kh. The effect of the modified sorbent on the liver profile of broiler chickens with combined exposure to toxic substances. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2023, vol. 9, no. 2, pp. 190–196. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-2-190-196>

Введение

В практическом производстве интенсивно выращиваемые бройлеры постоянно и неизбежно подвергаются многочисленным окислительным стимулам, включая высокую температуру окружающей среды, окисленные масла и жиры, патогены, микотоксины, тяжелые металлы и другие токсичные и опасные вещества, которые могут вызывать окислительный стресс и вызывать окислительное повреждение [2; 20].

Пища и корма, состоящие из зерновых культур, загрязненных трихотеценами, продуцируемыми грибами *Fusarium* (Т-2 токсин, НТ-2 токсин, дезоксиниваленол (ДОН) и ниваленол), представляют угрозу для здоровья людей и животных [1; 10; 14]. Известно, что ДОН изменяет функцию кишечника у бройлеров на уровне 10 мг / кг корма [7], увеличивает относительную массу желудка, фабрициевой сумки и сердца [17], влияет на гуморальный иммунитет [4; 18], а также изменяет гематологические и биохимические параметры у цыплят-бройлеров¹. Токсин Т-2 вызывает снижение производительности и тяжелые поражения полости рта, увеличивает относительную массу желудка и уменьшает относительную массу сумки фабрициуса при более низких концентрациях, чем ДОН [12; 16; 19]. Изменяет гематологические и биохимические параметры, кишечный биоценоз птиц [3; 6].

Кадмий оказывает различное токсическое действие как на человека, так и на животных, например, нефротоксичность, канцерогенез, тератогенность и эндокринную, а также репродуктивную токсичность [21]. El Shater and Ali (2019) продемонстрировали, что кадмий вызывает по-

вышение уровня креатинина и мочевины [11]. Кадмий обладает способностью вызывать окислительный стресс, изменять активность антиоксидантных ферментов в крови и усиливать перекисное окисление липидов у птиц [5; 13].

По данным Y. Chen (2020), внутрибрюшинное введение диквата цыплятам бройлерам вызывает окислительный стресс, с серьезным повреждением печени и снижением показателей роста [9].

Одной из основных тенденций современной сельскохозяйственной технологии является применение биологически активных веществ, синтезируемых микроорганизмами, способствующих росту, развитию растений и животных и улучшению их физиологического состояния². Отмечалось, что бактерии рода *Paenibacillus* можно использовать в качестве кормовых добавок в рацион сельскохозяйственных животных и птиц для пополнения в нем дефицита биологических активных веществ и белка [8].

Целью исследования явилось изучение изменений показателей печеночного профиля сыворотки крови и оценка эффективности модифицированного сорбента при сочетанном токсикозе цыплят-бройлеров.

Материалы и методика исследований

Работа выполнена в лаборатории микотоксинов отделения токсикологии ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» (г. Казань). Исследования проводились на цыплятах-бройлерах кросса КОББ 500. Возраст к началу эксперимента, после периода адаптации – 21 день. Цыплята-бройлеры с массой тела к началу исследования 800–1000 г были разделены на 4 группы (по 10 особей в каждой), содержались в отдельных клетках и имели

¹ Тарасова Е. Ю. Изыскание средств для лечения животных при Т-2 микотоксикозе : специальности 06.02.02. «Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология, 06.02.03. «Ветеринарная фармакология с токсикологией» : дис. ... канд. биол. наук / Тарасова Евгения Юрьевна : Федеральное государственное учреждение «Федеральный центр токсикологической и радиационной безопасности животных». Казань, 2010. 209 с. URL: <https://www.disscat.com/content/izyskanie-sredstv-dlya-lecheniya-zhivotnykh-pri-t-2-mikotoksikoze> (дата обращения: 01.02.2023).

² Ха Тхи Зунг Получение биопрепаратов сельскохозяйственного назначения на основе бактерий рода *Paenibacillus* : специальность 03.01.06 «Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)» : дис. ... канд. технич. наук / Ха Тхи Зунг : Казанский национальный исследовательский технологический университет. Казань, 2021. 170 с. URL: https://diss.muotr.ru/media/autorefs/2021/03/Автореферат_Ха_Тхи_Зунг (дата обращения: 01.02.2023).

идентификационную карточку-этикетку. Индивидуальная идентификация осуществлялась по системе метки на лапках. Для кормления использовали комбикорм полнорационный для бройлеров «Финиш СНИСК» производства ООО «Глазовский комбикормовый завод» (Россия, Удмуртская Республика, г. Глазов). Продолжительность исследования составила 43 сут. Первая группа – биологический контроль. Рацион птиц второй и третьей группы состоял из комбикорма, контаминированного микотоксинами (Т-2 в дозе 120 мкг/кг корма, ДОН – 500 мкг/кг корма), кадмием (0,45 мг/кг корма) и дикватом (0,11 мкг/кг корма). В рацион интактных птиц четвертой группы вводили модифицированный сорбент. На 43 сутки проводили отбор крови из подкрыльцовой вены в специальные пробирки для биохимического и гематологического анализа. Определение биохимических показателей производили на биохимическом анализаторе (Microlab 300). В процессе исследования на биохимическом анализаторе определяли следующие показатели: ак-

тивность аспаратаминотрансферазы (АСТ), аланинаминотрансферазы (АЛТ), с оценкой коэффициента Ритиса, гамма-глутамилтрансферазы (ГГТ), лактатдегидрогеназы (ЛДГ), щелочной фосфатазы (ЩФ), количество общего билирубина, прямого и непрямого билирубина.

Полученные экспериментальные данные обрабатывали общепринятым методом вариационной статистики с применением критерия достоверности по Стьюденту с использованием специальных программ.

Результаты исследований и их обсуждение

Ранее другими авторами было замечено, что ни один другой орган птицы не сталкивается с таким количеством разнообразных токсинов, как печень. Это центральный орган дезинтоксикации, нейтрализации токсинов и их подготовке к выведению из организма. Именно поэтому важное значение приобретает изучение печеночного профиля сыворотки крови у птиц (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Печеночный профиль сыворотки крови цыплят-бройлеров на фоне потребления модифицированного сорбента (M±m, n=10) / Liver profile of blood serum of broiler chickens against the background of consumption of modified sorbent (M±m, n=10)

Показатель, единица измерения / Indicator, unit of measurement	Группа цыплят / Group of chickens			
	1	2	3	4
Билирубин общий, мкмоль/л / Total bilirubin, mmol/l	1,700±0,140	2,670±0,08***	1,630±0,130	1,680±0,100
Прямой билирубин, мкмоль/л / Direct bilirubin, mmol/l	0,450±0,05	0,840±0,02***	0,370±0,04	0,439±0,04
Непрямой билирубин мкмоль/л / indirect bilirubin, mmol/l	1,250±0,200	1,830±0,110*	1,260±0,08	1,241±0,120
АЛТ, Е/л / ALT, E/l	2,660±0,210	4,500±0,330***	2,830±0,230	2,690±0,200
АСТ, Е/л / AST, E/l	147,510±6,510	169,410±8,945	154,202±6,378	146,430±6,819
Коэффициент Ритиса / De Ritis ratio	0,018	0,026	0,018	0,018
ГГТ, Е/л / GGT, E/l	22,045±1,560	30,115±2,790*	23,665±2,180	22,095±1,700
ЩФ, Е/л / Alp, E/l	3315,835±370,000	5099,500±908,000*	4504,085±560,000	3213,465±408,000
ЛДГ, Е/л / LDG, E/l	1064,400±28,700	1138,700±34,300	1096,500±29,440	1066,076±30,000

Примечание: * - p<0,05 ** p<0,01 *** p<0,001

Билирубин – желчный пигмент, образуется в клетках ретикулоэндотелиальной системы печени

и селезенки при распаде гемоглобина, миоглобина, цитохромов. Он ядовит, плохо растворим

в воде. При поступлении с кровью в печень в гепатоцитах происходит обезвреживание его путем присоединения глюкуроновой кислоты. В этих соединениях заключен так называемый прямой (связанный) билирубин, который выделяется в желчь и поступает в кишечник, где превращается в уробилиноген. Обычно повышение содержания билирубина в сыворотке крови отмечается при гепатите, циррозе печени, острой токсической гепатодистрофии. При этих болезнях увеличивается уровень в крови как несвязанного (свободного), так и связанного (конъюгированного) билирубина. При гемолитической желтухе, обусловленной гемолитическими ядами или кровопаразитами, концентрация билирубина в крови повышается в основном за счет свободного (несвязанного) билирубина. В крови цыплят-бройлеров второй группы (токсический контроль) отмечается увеличение уровня общего билирубина в 1,6 раза, а следовательно, и уровень прямого (в 1,8 раза) и непрямого билирубина (в 1,5 раза) в сравнении с группой контроля. В крови птиц, в рацион которых вводили сорбент в дозе 0,5 %, происходит уменьшение этих показателей по сравнению с токсическим контролем в среднем на 42 % ($P < 0,001$).

Наиболее информативным показателем обмена заменимых аминокислот является коэффициент де Ритиса (соотношение активности сывороточных АСТ и АЛТ). Величина этого коэффициента свидетельствует о целостности клеток тканей сердца, печени, скелетных мышц и других тканей органов. Таким образом, коэффициент де Ритиса становится одним из индикаторов состояния всего организма.

АЛТ – эндогенный фермент из группы трансфераз, широко используемый в медицинской и ветеринарной практике для лабораторной диагностики повреждений печени. Синтезируется внутриклеточно, и в норме лишь небольшая часть этого фермента попадает в кровь. Если энергетический метаболизм клеток печени нарушается инфекционными факторами (например, вирусный гепатит) или токсическими, то это приводит к увеличению проницаемости клеточных мембран с прохождением в сыворотку компонентов цитоплазмы (цитоллиз). Как видно из таблицы 1, уровень АЛТ в крови цыплят-бройлеров 2 и 3 группы был выше в сравнении с первой группой в 1,7 и 1,1 раза. АЛТ является показателем цитолиза, самым изученным и са-

мым показательным даже для обнаружения минимальных поражений печени, данные свидетельствуют о признаках токсического повреждения печени.

АСТ – эндогенный фермент из группы трансфераз. В отличие от АЛТ, который встречается главным образом в печени, АСТ присутствует во многих тканях: миокарде, печени, скелетных мышцах, почках, поджелудочной железе, ткани мозга, селезенке, являясь менее характерным показателем функции печени. На уровне клеток печени изоферменты находятся как в цитозоле, так и в митохондриях. Повышение АЛТ, превышающее повышение АСТ, характерно для повреждения печени; если же показатель АСТ повышается больше, чем повышается АЛТ, то это, как правило, свидетельствует о проблемах клеток миокарда (сердечной мышцы). Уровень АСТ в сыворотке крови цыплят-бройлеров увеличился незначительно относительно контроля (на 14,8 % и 4,5 %). При подсчете коэффициента де Ритиса было замечено, что в группе 1, 3 и 4 он составил 0,018, тогда как в группе 2 происходило увеличение на 44 % ($P < 0,001$).

Одним из наиболее презентативных показателей дисфункции печени является сывороточная гамма-глутамилтрансфераза (ГГТ). Внутриклеточно фермент в меньшей степени локализован в цитозоле; большая часть интегрирована в клеточную мембрану. Там он служит для транспорта аминокислот и пептидов через клеточную мембрану, катализируя перенос остатков γ -глутамила от пептидов или пептидоподобных соединений к специфическим акцепторам. Акцепторами являются аминокислоты, пептиды или вода. Кроме того, ГГТ играет роль в регуляции внутриклеточных уровней глутатиона: она переносит глутамиловый остаток глутатиона к акцепторам, что инициирует расщепление глутатиона. Таким образом, цистеин, содержащийся в глутатионе, может транспортироваться в клетку и перерабатываться. ГГТ также служит для выброса чужеродных веществ, которые были связаны глутатионом в клетке. В ходе эксперимента были получены данные, подтверждающие нарушение печени. Таким образом, на 43 сутки исследования уровень ГГТ увеличился во 2 группе – на 36,6 % ($P < 0,001$), а в группе 3 – на 7,3 %. У цыплят-бройлеров, получавших вместе с обычным рационом сорбент в дозе 0,5 %, этот показатель практически не изменялся в сравнении с контрольной группой.

Особая роль в ферментной системе организма принадлежит щелочной фосфатазе и лактатдегидрогеназе (ЛДГ). Так, щелочная фосфатаза оказывает влияние на поддержание уровня фосфата в организме. Окислительное фосфорилирование обмена веществ возникает при непосредственном участии этого фермента. При его участии происходит ресорбция углеводов и жиров в кишечнике¹. Лактатдегидрогеназа является ферментом, содержащим цинк. Свою активность этот фермент проявляет в мышцах, эритроцитах и печени. Исследований, посвященных изучению влияния активности ЛДГ

на сельскохозяйственных животных, крайне мало. Увеличение уровня ферментов ЩФ и ЛДГ во второй группе происходило на 153,8 (P<0,001) и на 106,9 % (P<0,001) относительно контроля.

Заключение

В результате проведенного анализа биохимических параметров сыворотки крови цыплят-бройлеров можно судить об эффективности модифицированного сорбента при сочетанном воздействии токсических веществ. Применение кормовой добавки на фоне воздействия микотоксинов (Т-2 токсин и ДОН), кадмия и диквата способствует восстановлению биохимических показателей у птиц, что обосновывается разницей по сравнению с токсическим контролем: уменьшение количества общего, непрямого и прямого билирубина в среднем на 42 % (P<0,001), а также снижение печеночных ферментов (АЛТ – в 1,6 раз (P<0,001), АСТ и ЩФ – 1,1 раз (P<0,001), ГГТ – 1,3 раза (P<0,001)).

¹ Семенов Э. И. Фармако-токсикологические аспекты применения энтеросорбентов при сочетанных микотоксикозах : специальности 06.02.02. «Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология», 06.02.03. «Ветеринарная фармакология с токсикологией» : дис. ... д-ра ветеринар. наук / Семенов Эдуард Ильясович ; Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана. Казань, 2019. 342 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43102116&ysclid=iconneoris517337382> (дата обращения: 01.02.2023).

1. Аналитика данных распространения Т-2 токсина в Республике Татарстан / И. Н. Штыров, Э. И. Семёнов, Л. Е. Матросова, С. А. Танасева, Е. Ю. Тарасова, Н. Н. Мишина // Международный вестник ветеринарии. 2021. № 1. С. 167–172. URL: <https://vetjournal.spbguvn.ru/jour/article/view/628> (дата обращения: 17.05.2023).

2. Баскова Е. Ю. Применение энтеросорбентов на основе нанотехнологий для борьбы с микотоксикозами животных // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2008. Т. 192. С. 234–236. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50447737> (дата обращения: 01.02.2023).

3. Влияние кормовой добавки на микробиоценоз птиц при микотоксикозе / О. К. Ермолаева, Л. Е. Матросова, Н. И. Хаммадов, Е. Ю. Тарасова // Ветеринария. 2022. № 8. С. 42–46. DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2022.25.8.42-47>

4. Влияние цеолита и шунгита на содержание витамина А в организме цыплят-бройлеров при микотоксикозе / С. А. Танасева, О. К. Ермолаева, Л. Е. Матросова, А. З. Мухарлямова, Э. И. Семенов // Ветеринария. 2020. № 12. С. 51–54. DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.12.51-54>

5. Диагностика и ветеринарная помощь при отравлениях животных (Общие принципы): монография / А. М. Трemasова, И. И. Идиятов, Э. И. Семёнов, Л. Е. Матросова, И. Р. Кадиков, Ж. Р. Насыбуллина / Казань : Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, 2022. 236 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49911782> (дата обращения: 22.05.2023).

6. Случаи массового отравления животных, птиц и рыб в некоторых регионах российской федерации и стран СНГ / Э. И. Семёнов, А. М. Трemasова, Л. Е. Матросова и др. // Ветеринария. 2021. № 8. С. 39–44. DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2021.24.8.39-44>

7. Effects of deoxynivalenol on general performance and electrophysiological properties of intestinal mucosa of broiler chickens / Awad W. A., Böhm J., Razzazi-Fazeli E., Hulan H. W., Zentek J. // Poultry Science. 2004. Vol. 83 (12). Pp. 1964–1972. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/83.12.1964>

8. Bashan Y., Gina Holguin, Luz E de-Bashan Azospirillum-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997–2003) // Canadian Journal of Microbiology. 2004. Vol. 50 (8). Pp. 521–577. DOI: <https://doi.org/10.1139/w04-035>

9. Pterostilbene as a protective antioxidant attenuates diquat-induced liver injury and oxidative stress in 21-day-old broiler chickens / Chen Y., Yueping Chen, Hao Zhang, Tian Wang // Poult. Sci. 2020. Vol. 99 (6). Pp. 3158–3167. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.01.021>

10. Creppy E. E. Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe // Toxicology Letters. 2002. Vol. 127 (1–3). Pp. 19–28. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0378-4274\(01\)00479-9](https://doi.org/10.1016/s0378-4274(01)00479-9)

11. El Shater A. E., Ali R. A. Effect of selenium and bee pollen against immunotoxicity and hepatotoxicity induced by cadmium in male albino rats // Egypt Acad J Biol Sci. 2019. Vol. 11 (2). Pp. 1–9. URL: https://www.researchgate.net/publication/331791568_Effect_of_Selenium_and_Bee_Pollen_Against_Immunotoxicity_and_Hepatotoxicity_Induced_by_Cadmium_in_Male_Albino_Rats (дата обращения: 17.05.2023).

12. Evaluation of two mycotoxin binders to reduce toxicity of broiler diets containing ochratoxin A and T-2 toxin contaminated grain / Garcia A. R., E. Avila, R. Rosiles, V. M. Petrone // *Avian Diseases*. 2003. Vol. 47 (3). Pp. 691–699. DOI: <https://doi.org/10.1637/7021>
13. Cadmium exposure triggers mitochondrial dysfunction and oxidative stress in chicken (*Gallus gallus*) kidney via mitochondrial UPR inhibition and Nrf2-mediated antioxidant defense activation / Ge J., Cong Zhang, Yan-Chun Sun, Qi Zhang, Mei-Wei Lv, Kai Guo, Jin-Long Li // *Sci Total Environ*. 2019. Vol. 1 (689). Pp. 1160–1171. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.405>
14. Hussein H. S., Brasel J. M. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals // *Toxicology*. 2001. Vol. 167 (2). Pp. 101–134. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0300-483x\(01\)00471-1](https://doi.org/10.1016/s0300-483x(01)00471-1)
15. Influence of ochratoxin and deoxynivalenol on growing broiler chicks / Kubena L. F., Huff W. E., Harvey R. B., Corrier D. E., Phillips T. D., Creger C. R. // *Poultry Science*. 1988. Vol. 67 (2). Pp. 253–260. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.0670253>
16. Individual and combined toxicity of T-2 toxin and cyclopiazonic acid in broiler chicks / Kubena L. F., E. E. Smith, A. Gentles, R. B. Harvey, T. S. Edrington, T. D. Phillips, G. E. Rottinghaus // *Poultry Science*. 1994. Vol. 73 (9). Pp. 1390–1397. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.0731390>
17. Individual and combined effects of fumonisin B1 present in *Fusarium moniliforme* culture material and T-2 toxin or deoxynivalenol in broiler chicks / Kubena L. F., Edrington T. S., Harvey R. B., Buckley S. A., Phillips T. D., Rottinghaus G. E., Casper H. H. // *Poultry Science*. 1997. Vol. 76 (9). Pp. 1239–1247. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/76.9.1239>
18. Immunotoxicological risk of mycotoxins for domestic animals / Oswald I. P., D. E. Marin, S. Bouhet, P. Pinton, I. Taranu, F. Accensi // *Food Additives and Contaminants*. 2005. Vol. 22 (4). Pp. 354–360. DOI: <https://doi.org/10.1080/02652030500058320>
19. Raju M.V., Devegowda G. Influence of esterified-glucomannan on performance and organ morphology, serum biochemistry and haematology in broilers exposed to individual and combined mycotoxicosis (aflatoxin, ochratoxin and T-2 toxin) // *British Poultry Science*. 2000. Vol. 41 (5). Pp. 640–650. DOI: <https://doi.org/10.1080/713654986>
20. Antioxidant defence systems and oxidative stress in poultry biology / P. F. Surai, I. I. Kochish, V. I. Fisinin, M. T. Kidd // *Antioxidants (Basel)*. 2019. Vol. 8 (7). Pp. 235–271. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox8070235>
21. Ecological and environmental risk assessment in the nanomaterials production / Torabifard M., Arjmandi R., Rashidi A. M., Nouri J., Mohammadfam I. // *Appl Ecol Environ Res*. 2017. Vol. 15 (4). Pp. 1071–1082. DOI: https://dx.doi.org/10.15666/aeer/1504_10711082

Статья поступила в редакцию 25.05.2022 г.; одобрена после рецензирования 22.06.2023 г.; принята к публикации 29.06.2023 г.

Об авторах

Сагдеева Зухра Халимовна

аспирант, отдел токсикологии, лаборатория микотоксинов, 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

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

1. Shtyrov I. N., Semyonov E. I., Matrosova L. E., Tanaseva S. A., Tarasova E. Yu., Mishina N. N. Analitika dannykh rasprostraneniya T-2 toksina v Respublike Tatarstan [Analytics of T-2 toxin distribution data in the Republic of Tatarstan]. *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii = International Bulletin of Veterinary Medicine*, 2021, no. 1, pp. 167–172. Available at: <https://vetjournal.spbguv.m.ru/jour/article/view/628> (accessed 17.05.2023). (In Russ.).
2. Baskova E. Yu. Primenenie enterosorbentov na osnove nanotekhnologii dlya bor'by s mikotoksikozami zhivotnykh [The use of nanotechnology-based enterosorbents to combat mycotoxicosis of animals]. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Baumana = Scientific Notes of Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*, 2008, vol. 192, pp. 234–236. (In Russ.). Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50447737> (accessed 01.02.2023).
3. Ermolaeva O. K., Matrosova L. E., Khammatov N. I., Tanaseva S. A., Tarasova E. Yu. Vliyanie kormovoi dobavki na mikrobiotsenoz ptits pri mikotoksikoze [Influence of the feed additive on microbiocenosis of birds with mycotoxicosis]. *Veterinariya = Veterinary Medicine*, 2022, no. 8, pp. 42–46. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2022.25.8.42-47>
4. Tanaseva S. A., Ermolaeva O. K., Matrosova L. E., Mukharlyamov A. Z., Semenov E. I. Vliyanie tseolita i shungita na sodержanie vitamina A v organizme tsyplyat-broilerov pri mikotoksikoze [Influence of zeolite and shungite on the content of vitamin A in the body of broiler chickens for mycotoxicosis]. *Veterinariya = Veterinary Medicine*, 2020, no. 12, pp. 51–54. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.12.51-54>
5. Tremasova A. M., Idayatov I. I., Semenov E. I., Matrosova L. E., Kadikov I. R., Nasybullina J. R. Diagnostika i veterinarnaya pomoshch' pri otravleniyakh zhivotnykh (Obshchie printsipy): monografiya [Diagnostics and veterinary care for animal poisoning (General principles): monograph]. Kazan, Publ. house of the Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, 2022, 236 p. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49911782> (accessed 22.05.2023). (In Russ.).

6. Semenov E. I., Tremasova A. M., Matrosova L. E., Kadikov I. R., Egorov V. I., Aslanov R. M., Vasilevsky N. M. Sluchai massovogo otravleniya zhivotnykh, ptits i ryb v nekotorykh regionakh Rossiiskoi Federatsii i stran SNG [Cases of mass poisoning of animals, birds and fish some regions of the Russian Federation and the CIS countries]. *Veterinariya = Veterinary Medicine*, 2021, no. 8, pp. 39–44. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2021.24.8.39-44>
7. Awad W. A., Böhm J., Razzazi-Fazeli E., Hulan H. W., Zentek J. Effects of deoxynivalenol on general performance and electrophysiological properties of intestinal mucosa of broiler chickens. *Poultry Science*, 2004, vol. 83 (12), pp. 1964–1972. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/83.12.1964>
8. Bashan Y., Gina Holguin, Luz E de-Bashan *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997–2003). *Canadian Journal of Microbiology*, 2004, vol. 50 (8), pp. 521–577. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1139/w04-035>
9. Chen Y., Yueping Chen, Hao Zhang, Tian Wang Pterostilbene as a protective antioxidant attenuates diquat-induced liver injury and oxidative stress in 21-day-old broiler chickens. *Poultry Science*, 2020, vol. 99 (6), pp. 3158–3167. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.01.021>
10. Creppy E. E. Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. *Toxicology Letters*, 2002, vol. 127 (1–3), pp. 19–28. (In Eng.). DOI: [https://doi.org/10.1016/s0378-4274\(01\)00479-9](https://doi.org/10.1016/s0378-4274(01)00479-9)
11. El Shater A. E., Ali R. A. Effect of selenium and bee pollen against immunotoxicity and hepatotoxicity induced by cadmium in male albino rats. *Egypt Acad. J. Biol. Sci.*, 2019, vol. 11 (2), pp. 1–9. Available at: https://www.researchgate.net/publication/331791568_Effect_of_Selenium_and_Bee_Pollen_Against_Immunotoxicity_and_Hepatotoxicity_Induced_by_Cadmium_in_Male_Albino_Rats (accessed 17.05.2023). (In Eng.).
12. García A. R., Avila E., Rosiles R., Petrone V. M. Evaluation of two mycotoxin binders to reduce toxicity of broiler diets containing ochratoxin A and T-2 toxin contaminated grain. *Avian Diseases*, 2003, vol. 47 (3), pp. 691–699. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1637/7021>
13. Ge J., Cong Zhang, Yan-Chun Sun, Qi Zhang, Mei-Wei Lv, Kai Guo, Jin-Long Li Cadmium exposure triggers mitochondrial dysfunction and oxidative stress in chicken (*Gallus gallus*) kidney via mitochondrial UPR inhibition and Nrf2-mediated antioxidant defense activation. *Sci. Total Environ.*, 2019, vol. 1 (689), pp. 1160–1171. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.405>
14. Hussein H.S., Brasel J.M. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology*, 2001, vol. 167 (2), pp. 101–134. (In Eng.). DOI: [https://doi.org/10.1016/s0300-483x\(01\)00471-1](https://doi.org/10.1016/s0300-483x(01)00471-1)
15. Kubena L. F., Huff W. E., Harvey R. B., Corrier D. E., Phillips T. D., Creger C. R. Influence of ochratoxin A and deoxynivalenol on growing broiler chicks. *Poultry Science*, 1988, vol. 67 (2), pp. 253–260. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.0670253>
16. Kubena L. F., Smith E. E., Gentles A., Harvey R. B., Edrington T. S., Phillips T. D., Rottinghaus G. E. Individual and combined toxicity of T-2 toxin and cyclopiazonic acid in broiler chicks. *Poultry Science*, 1994, vol. 73 (9), pp. 1390–1397. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.0731390>
17. Kubena L. F., Edrington T. S., Harvey R. B., Buckley S. A., Phillips T. D., Rottinghaus G. E., Casper H. H. Individual and combined effects of fumonisin B1 present in *Fusarium moniliforme* culture material and T-2 toxin or deoxynivalenol in broiler chicks. *Poultry Science*, 1997, vol. 76 (9), pp. 1239–1247. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/76.9.1239>
18. Oswald I. P., Marin D. E., Bouhet S., Pinton P., Taranu I., Accensi F. Immunotoxicological risk of mycotoxins for domestic animals. *Food Additives and Contaminants*, 2005, vol. 22 (4), pp. 354–360. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1080/02652030500058320>
19. Raju M. V., Devegowda G. Influence of esterified-glucomannan on performance and organ morphology, serum biochemistry and haematology in broilers exposed to individual and combined mycotoxicosis (aflatoxin, ochratoxin and T-2 toxin). *British Poultry Science*, 2000, vol. 41 (5), pp. 640–650. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1080/713654986>
20. Surai P. F., Kochish I. I., Fisinin V. I., Kidd M. T. Antioxidant defence systems and oxidative stress in poultry biology. *Antioxidants (Basel)*, 2019, vol. 8 (7), pp. 235–271. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox8070235>
21. Torabifard M., Arjmandi R., Rashidi A. M., Nouri J., Mohammadfam I. Ecological and environmental risk assessment in the nanomaterials production. *Appl. Ecol. Environ. Res.*, 2017, vol. 15 (4), pp. 1071–1082. (In Eng.). DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aer/1504_10711082

The article was submitted 25.05.2023; approved after reviewing 22.06.2023; accepted for publication 29.06.2023.

About the authors

Zukhra Kh. Sagdeeva

Postgraduate student, Department of Toxicology, Mycotoxin Laboratory, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety (2 Nauchnyi Gorodok, Kazan 420075, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8670-1742>, szh196@mail.ru

The author has read and approved the final manuscript.