

Научная статья/Research Article

УДК 619:616.9:636.088:636.4

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-4-78-87

Лариса Александровна Гнездилова^{1✉}, Сергей Васильевич Федотов²,

Жора Юрикович Мурадян³, Серафим Михайлович Розинский⁴

^{1,2,3,4}Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», Москва, Россия

^{1,2,3,4}lag22004@mail.ru

ВЛИЯНИЕ МИКОТОКСИНОВ НА ГОМЕОСТАЗ КОРОВ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА

Цель исследования – определение влияния микотоксинов на биохимические показатели крови и молока у коров в условиях интенсивного животноводства. При проведении исследований кормов на микотоксины выявили, что на комплексе № 1 ОАО племенного хозяйства «Леднево» Владимирской области контаминация кормов грибами была выше, чем на комплексе № 2. Разница по ДОНу (дезоксиваленол) составила $(4,615 \pm 0,088$ против $2,04 \pm 0,072$ нг/кг). Ретроспективный анализ климатических условий региона в период выращивания кормовых культур показал, что высокая степень загрязнения кормов, возможно, связана с погодными условиями, которые способствовали росту плесени и образованию микотоксинов. У коров, получавших рацион, более загрязненный зеараленоном и афлатоксинами, наблюдалось достоверное увеличение ($P < 0,05$) аланинаминотрансферазы (АЛТ) и аспартатаминотрансферазы (АСТ). Из-за воздействия микотоксинов может возникать повреждение печени у коров, о чем свидетельствует повышение активности печеночных ферментов. Результаты по уровню белка показали значительную изменчивость при ($p < 0,05$) в группе, получавшей рацион с большим количеством ДОНа. Это может быть связано с ингибированием синтеза белка на клеточном уровне и, следовательно, преимущественно повреждать быстропролиферирующие клетки иммунной системы. Это ингибирование, возможно, не является основным механизмом их иммунетоксического действия, но может оказывать избирательное воздействие на различные субпопуляции лимфоцитов. Оценка коагуляционных тестов у коров выявила их изменчивость. Показатель активированного частичного тромбoplastинового времени (АЧТВ) был достоверно выше у коров, получавших корма с более высоким содержанием, разница составила 6,3 % ($p \leq 0,01$). Повышение значений (удлинение) АЧТВ свидетельствует о гипокоагуляции. Таким образом, в группе животных, получавших корма с значительным содержанием микотоксинов, отмечали удлинение протромбинового и тромбинового времени и снижение количества фибриногена. Применение несбалансированных по компонентному составу рационов с недостаточным качеством кормов и высоким содержанием микотоксинов способствует развитию патологического состояния печени у коров, приводит к морфофункциональным изменениям органа и нарушениям коагуляционного гомеостаза.

Ключевые слова: коровы, микотоксины, гематологические показатели, гомеостаз

Для цитирования: Влияние микотоксинов на гомеостаз коров в условиях интенсивного животноводства / Л.А. Гнездилова [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2024. № 4. С. 78–87. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-4-78-87.

Благодарности: экспериментальные работы проводились в рамках гранта РНФ «Природные адаптогены для восстановления воспроизводительной функции у крупного рогатого скота при микотоксикозах» (соглашение № 23-26-00150).

Larisa Aleksandrovna Gnezdilova^{1✉}, Sergei Vasilievich Fedotov², Zhora Yurikovich Muradyan³, Seraphim Mikhailovich Rozinsky⁴

^{1,2,3,4}Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K.I. Scriabin, Moscow, Russia

^{1,2,3,4}lag22004@mail.ru

MYCOTOXINS INFLUENCE ON COWS HOMEOSTASIS UNDER INTENSIVE ANIMAL HUSBANDRY CONDITIONS

The purpose of the study is to determine the effect of mycotoxins on the biochemical parameters of blood and milk in cows under intensive livestock farming conditions. When conducting studies of feed for mycotoxins, it was revealed that at complex № 1 of the OJSC Lednevo breeding farm in the Vladimirov Region, contamination of feed with fungi was higher than at complex № 2. The difference in DON was $(4.615 \pm 0.088$ versus 2.04 ± 0.072 ng/kg). A retrospective analysis of the climatic conditions of the region during the growing period of feed crops showed that the high degree of contamination of feed was possibly associated with weather conditions that contributed to the growth of mold and the formation of mycotoxins. In cows fed diets more contaminated with zearalenone and aflatoxins, there was a significant increase ($P < 0.05$) in alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST). Liver damage in cows may occur due to exposure to mycotoxins, as evidenced by elevated liver enzymes. The protein level results showed significant variability at ($p < 0.05$) in the group fed the high DON diet. This may be due to inhibition of protein synthesis at the cellular level and therefore preferentially damage rapidly proliferating cells of the immune system. This inhibition may not be the main mechanism of their immunotoxic effects; but may have a selective effect on different subpopulations of lymphocytes. Evaluation of coagulation tests in cows revealed their variability. The activated partial thromboplastin time (APTT) was significantly higher in cows receiving feed with a higher content; the difference was 6.3 % ($p \leq 0.01$). An increase in APTT values (prolongation) indicates hypocoagulation. Thus, in the group of animals that received feed with a significant content of mycotoxins, an increase in prothrombin and thrombin time and a decrease in the amount of fibrinogen were noted. The use of diets unbalanced in their component composition with insufficient feed quality and a high content of mycotoxins contributes to the development of a pathological condition of the liver in cows, leading to morphofunctional changes in the organ and disorders of coagulation hemostasis.

Keywords: cows, mycotoxins, hematological parameters, homeostasis

For citation: Mycotoxins influence on cows homeostasis under intensive animal husbandry conditions / L.A. Gnezdilova [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2024;(4): 78–87 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-4-78-87.

Acknowledgments: experimental work has been carried out within the framework of the Russian Scientific Foundation grant "Natural adaptogens for restoring reproductive function in cattle with mycotoxicosis (Agreement № 23-26-00150).

Введение. Продуктивность и высокие показатели воспроизводительной способности коров напрямую зависят от производственных стрессов. Условия, которые создают дополнительный стресс для животных, например неправильно сбалансированный рацион, эндопаразитарные инфекции или акушерско-гинекологические заболевания, усугубляют ситуацию [1–3].

При анализе качества корма у лактирующих коров необходимо обращать внимание на естественные загрязнители, в т. ч. микотоксины, которые продолжают оказывать серьезное воздействие на здоровье животных [4–6].

Высокая степень контаминации грибами кормов может быть объяснена погодными условиями, особенно при повышенной влажности и высокой температуре. Подобные условия в период роста и уборки кормовых культур способствуют интенсивному росту плесени [7].

Уровень контаминации грибами также зависит от способов и условий хранения и варьируется в зависимости от географических районов и климатических регионов, подверженных образованию плесени, уровня влажности, температуры, аэрации, наличия насекомых и механических повреждений злаков [5].

Микотоксины – это вторичные метаболиты, вырабатываемые грибами на этапе сбора урожая до хранения и распределения продуктов питания. Эти вещества продуцируются в основном пятью видами грибов (*Fusarium sp.*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Claviceps sp.*, *Alternaria sp.*). Рост этих микроорганизмов и продукция их микотоксинов в основном влияют на наличие грибных спор, характер и плотность культур, климат и механические повреждения растений [4, 8].

К наиболее изученным микотоксинам относятся афлатоксин, зеараленон и vomitоксин. Известно, что все они оказывают негативное влияние на функцию и продуктивность молочного скота [9].

Зеараленон и афлатоксины способны напрямую влиять на репродуктивную функцию, вызывая гормональную дисфункцию и клеточную токсичность, в то время как другие микотоксины оказывают лишь косвенное влияние на здоровье и плодовитость дойных коров за счет снижения потребления сухого вещества и всасывания питательных веществ в кишечнике [4].

Максимально допустимая норма содержания микотоксинов в кормах тщательно изучена и признана во всем мире [4]. Например, допустимый предел содержания афлатоксина В1 в кормах для лактирующих коров составляет 20 мг/кг в США и Канаде [5], а также 10 и 5 мг/кг в Китае и Европейском союзе соответственно [6]. Предел vomitоксина в Европейском союзе составляет 1 270–1 750 и 5 000–10 000 мг/кг в Соединенных Штатах Америки (США). Фумонизин составляет 5–100 мг/кг в США и 2000 мг/кг в Европейском союзе [9]. Исследования загрязнения микотоксинами кормов в Китае обнаружили, что афлатоксин В1, зеараленон и дезоксиниваленон широко присутствовали во всех изученных кормах [10].

Молоко, содержащее микотоксины, является критическим фактором безопасности для качества молока. При этом передача зеараленона в

молоко минимальна из-за особенностей метаболизма в рубце [11].

В свою очередь, исследователи предположили, что дезоксиниваленон (ДОН) биотрансформируется микробами рубца. Некоторые производные сохраняют часть своей первоначальной токсичности, в то время как другие становятся нетоксичными [12].

Имеются противоречивые сообщения о попадании ДОН в молоко. Некоторые исследования не обнаружили ДОН в молоке, в то время как другие обнаружили различные дозы. При даче 300 мг/день в течение 5 дней обнаружили от 4 до 26 нг/мл ДОМ-1 (нетоксичный метаболит ДОН) в молоке. В другом исследовании 920 мг/сут скармливали чистый ДОН, в молоке было обнаружено менее 2 нг/мл ДОМ-1 [11].

Ситуация осложняется тем, что один тот же вид грибов может производить несколько микотоксинов одновременно, и разные виды грибов могут сосуществовать в одном и том же корме [12]. Следовательно, возникают сложности в определении эффектов комбинированных микотоксинов.

В нашем исследовании мы изучили действие микотоксинов, а именно афлатоксина, зеараленона и дезоксиниваленола, естественно присутствующих в кормах (силос, сено и концентраты), на организм лактирующих коров.

Цель исследования – определение влияния микотоксинов на биохимические показатели крови и молока у коров в условиях интенсивного животноводства.

Объекты и методы. Объектом исследований были лактирующие коровы, продуктивность которых в среднем составляла 9 180 кг. Животные содержались на двух молочных комплексах ОАО племенного хозяйства «Леднево» Владимирской области. Продуктивные и репродуктивные характеристики подопытных животных отражены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика экспериментальных коров ОАО «Леднево»

Показатель	Комплекс № 1	Комплекс № 2
	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$
1	2	3
Удой за лактацию, кг	8382,84±87,93*	9221,72±112,54
Количество лактаций, шт.	2	2
Возраст, год	5,12±0,21	5,08±0,34

1	2	3
Живая масса, кг	545,29±15,44	553,43±18,32
Сервис-период, у коров, дни	125,31±12,44	119,64±10,73
Период бесплодия, дни	103,44±8,91	91,48±9,38

На каждом комплексе было подобрано по 15 коров, у которых брали кровь для определения гематологических показателей, а также для проведения биохимических тестов с использованием автоматического биохимического анализатора BioSystemsA25 (США).

Экспериментальные животные получали основную рацион, разработанный с учетом потребности в питательных веществах коров при лактации 28 кг/сутки (табл. 2).

Таблица 2

Питательность основных кормов

Показатель	Сено	Силос	Комбикорм	% обеспеченности к норме
Кормовые единицы	1,82	2,74	12,46	95
Обменная энергия, МДж	28,97	39,11	121,84	97
Сухое вещество, кг	3,41	4,27	10,22	103
Сырой протеин, г	26,18	540,64	1440,83	69
Переваримый протеин, г	143,21	356,14	1381,31	107
Сырая клетчатка, г	112,97	1486,53	51,79	46
Сахар, г	115,86	52,74	769,12	59
Сырой жир, г	8,97	222,15	24,82	39
Натрий, г	3,47	13,21	91,23	358
Кальций, г	69,17	37,15	57,11	127
Фосфор, г	16,97	11,12	73,22	123

Определение концентрации микотоксинов в корме, составляющем рацион экспериментальных животных, было выполнено с использованием жидкостной хроматографии высокого давления на масс-спектрофотометре (ВЭЖХ-МС).

Определение уровня микотоксинов (зераленон, фумонизин и ДОН) в пробах молока проводили с использованием наборов ИФА Ridascreen в соответствии с прописанной процедурой исследований на анализаторе ChemWell.

Для определения гомеостаза проводили ряд тестов, в т. ч. тромбиновое время. Для этого определяли скорость превращения фибриногена в фибрин в цитратной плазме после добавления в нее тромбина и кальция.

При постановке коагуляционного теста фиксировали время свертывания плазмы крови после добавления к ней смеси тканевого тромбoplastина и кальция.

Активирование частичного тромбопластинового времени определяли за срок образования сгустка после добавления каолин-кефалиновой

смеси и CaCl² к бестромбоцитарной цитратной плазме.

Результаты и их обсуждение. При проведении исследований кормов на микотоксины выявили, что на комплексе № 1 ОАО племенного хозяйства «Леднево» Владимирской области контаминация кормов грибами была выше, чем на комплексе № 2. Разница по ДОН в силосе составила 4,615 ± 0,088 против 2,041 ± 0,072 нг/кг, а в концентратах – 4,141 ± 0,075 против 2,152 ± 0,104. В свою очередь, концентрация ЗЕН в силосе, заложенном на хранение в комплексе № 1 и комплексе № 2, отличалась незначительно, в то время как в концентратах содержание микотоксина на комплексе № 1 было выше (526,141 ± 14,138 против 222,102 ± 9,431 мг/кг). Концентрация ФУМ в силосе и концентратах из хранилища кормов комплекса № 1 значительно превосходила данный показатель в кормах комплекса № 2 (849,004 ± 9,116 против 521,033 ± 12,234 мг/кг и 854,912 ± 11,431 против 468,731 ± 8,642 мг/кг) (табл. 3).

Содержание микотоксинов в силосе и концентратах

Микотоксин	Корм	Комплекс № 1	Комплекс № 2
ДОН, мг/кг (deoxynivalenol)	Силос	4,615±0,088	2,0411±0,072
	Концентраты	4,141±0,075	2,152±0,104
ЗЕН, мг/кг (zearalenone)	Силос	2,428±0,044	2,097±0,092
	Концентраты	526,141±14,138	222,102±9,431
ФУМ, мг/кг (fumonisins)	Силос	849,004±9,116	521,033±12,234
	Концентраты	854,912±11,431	468,731±8,642

Исследуемые корма были заготовлены хозяйством на собственных полях летом 2022 г. Концентраты в основном были представлены зерном злаковых культур (пшеница 92 %, овес 7 % и ячмень 1 %). Силос был приготовлен из кукурузы и заложен в стандартные траншеи.

Учитывая высокие концентрации микотоксинов в основных кормах, мы провели ретроспективный анализ климатических условий, наблюдавшихся во время период роста и уборки кормовых культур. Во второй половине лета в Юрьев-Польском районе Владимирской области отмечалась температура выше средних параметров для данной зоны, при этом часто шли дожди. Следовательно, высокая степень загрязнения кормов, наблюдаемая в нашем исследовании, может быть объяснена погодными условиями, которые способствовали росту плесени и образованию микотоксинов.

Для выявления влияния разных концентраций микотоксинов провели гематологические тесты и биохимические исследования сыворотки крови. Для этого на каждом комплексе создали по экспериментальной группе коров (n = 15). При анализе гематологических показателей выявили уменьшение уровня гемоглобина у коров, которые потребляли корма с более высоким содержанием микотоксинов (84,01 ± 3,11 против 98,69 ± 7,62) (табл. 4).

Допускается возможность негативного влияния микотоксинов на образование эритроцитов и содержание гемоглобина, что может привести в дальнейшем к анемии у коров.

Увеличение количества лейкоцитов в крови у коров 1-й экспериментальной группы (p < 0,05) под влиянием микотоксинов может привести к иммунодепрессии и повышенной восприимчивости к инфекционным заболеваниям.

Гематологические показатели экспериментальных коров

Показатель	Группа 1	Группа 2	Референсные значения	
	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	min	max
НСТ Гематокрит, %	29,72±0,50	29,92±0,52	24	46
HGB Гемоглобин, g/l	84,01±3,11*	98,69±7,62	90	120
RBC Эритроциты, 10 ¹² /l	6,48±0,18	6,04±0,10	5	7,5
PLT Тромбоциты, 10 ⁹ /l	588,54±27,46	483,69±36,88	100	800
WBC Лейкоциты, 10 ⁹ /l	18,01±4,49*	10,50±2,25	4,5	12
Палочкоядерные нейтрофилы, %	0,08±0,08	0,15±0,10	2	5
Сегментоядерные нейтрофилы, %	52,31±3,98*	39,54±2,65	20	35
Эозинофилы, %	4,00±0,97	6,69±1,33	2	20
Базофилы, %	0,08±0,08	0,31±0,17	0	2
Моноциты, %	8,46±1,15*	5,31±0,78	2	7
Лимфоциты, %	35,08±3,00	48,00±2,58	45	75
Эозинофилы ABS, 10 ⁹ /l	0,49±0,13	0,70±0,14	0	2,4
Моноциты ABS, 10 ⁹ /l	1,02±0,13	0,54±0,07	0,03	0,8
Лимфоциты ABS, 10 ⁹ /l	4,21±0,35	4,99±0,35	2,5	7,5

Здесь и далее. Достоверно: * – P < 0,05, ** – P < 0,01, *** – P < 0,001.

Результаты биохимических показателей, представленные в таблице 5, показали, что некоторые биохимические показатели превысили нормальный физиологический уровень, что может быть результатом защитной реакции организма лактирующих коров на повышенные дозы микотоксинов.

У коров, получавших рацион, более загрязненный зеараленоном и афлатоксинами, наблюдалось достоверное увеличение ($P < 0,05$) аланинаминотрансферазы (АЛТ) и аспартатаминотрансферазы (АСТ). Из-за воздействия микотоксинов может возникать повреждение печени у коров, о чем свидетельствует повышение активности печеночных ферментов.

Возможно, изменения активности ферментов печени связаны с аномальной экскрецией метаболитов печени и гиперплазией желчных протоков. *Fusarium* индуцирует апоптоз через путь активации каспазы-3 и вызывает функциональные нарушения в гепатоцитах. Тогда как содержание общего белка, кальция и фосфора достоверно снижалось ($p < 0,05$) у коров, получавших контаминированный рацион с зеараленоном и афлатоксинами, по сравнению с контролем. Следовательно, данные микотоксины обладают гепатотоксичностью, гематотоксичностью и генотоксичностью.

Таблица 5

Биохимические показатели сыворотки крови экспериментальных коров

Показатель	Группа 1	Группа 2	Референсные значения	
	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	min	max
Билирубин общий (TBil), мкмоль/л	5,3±0,7	3,95±0,28	1,7	5,1
АСТ (GOT), Ед/л	162.213±43.080	84.456±15.884	48	100
АЛТ (GPT), Ед/л	45.344±3.835	34.475±5.446	17	37
Мочевина (Urea), ммоль/л	3,61±0,22	4,44±0,20	3,3	7,5
Креатинин (Creat), мкмоль/л	114,59±2,64	117,76±2,55	0	133
Общий белок (Prot, total), г/л	83.487±4.694	74.900±3.556	59	77
Альбумин (Alb), г/л	36,33±0,67	37,84±0,54	27	43
Щелочная фосфатаза (ALP, IFCC), Ед/л	71,09±3,74	58,65±3,96	29	99
Глюкоза (Glu), ммоль/л	1,72±0,16	2,01±0,13	2,1	3,9
Холестерин (Chol, total), ммоль/л	3,52±0,32	4,21±0,28	2,3	6,6

При анализе биохимических результатов выявили превышение нормального физиологического уровня, что может быть результатом защитной реакции организма на дойных коров. Биохимические показатели меняют свои значения, что характерно для определенных патологических поражений, поэтому биохимическую панель рекомендуется проводить каждый раз, когда есть подозрения на микоз и микотоксикоз. Более того, было показано, что зеараленон и афлатоксин обладают гепатотоксичностью, гематотоксичностью и генотоксичностью.

Наши результаты по уровню белка показали значительную изменчивость при ($p < 0,05$) в группе, получавшей рацион с большим количеством ДОН. Это может быть связано с ингибированием синтеза белка на клеточном уровне и, следовательно, преимущественно повреждать быстро пролиферирующие клетки иммунной

системы. Это ингибирование, возможно, не является основным механизмом их иммунотоксического действия, но может оказывать избирательное воздействие на различные субпопуляции лимфоцитов (рис. 4).

Параметры крови могут быть использованы для дополнительной оценки токсического воздействия микотоксинов на лактирующих коров. Предполагается, что повышенная активность сывороточных ферментов, таких как аланинаминотрансфераза (АЛТ) и аспартатаминотрансфераза (АСТ), может отражать повреждение органов микотоксинами, индуцировать гепатотоксичность, вызывать изменения активности ферментов печени из-за аномальной экскреции метаболитов печени, из-за легкого повреждения печени и гепатоцеллюлярной цитоплазматической вакуолизации с ранним портальным фиброзом и гиперплазией желчных протоков.

Для определения гомеостаза у коров, которые потребляли корма с разной концентрацией микотоксинов, мы проводили пробоподготовку в условиях хозяйства. Свежеполученную кровь подвергали центрифугированию и в подготовленном рефрижераторе перевозили в специализированную лабораторию, где определяли активированное парциальное тромбопластиновое время, а также протромбиновое и тромбиновое время и активность фибриногена. Результаты исследований представлены в таблицах 6 и 7.

При анализе коагуляционных тестов мы определили, что показатель активированного частичного тромбопластинового времени достоверно выше у коров, получавшим корма с более высоким содержанием микотоксинов ($39,98 \pm 1,53$ против $37,48 \pm 1,34$). Можно предположить, что удли-

нение активированного частичного тромбопластинового времени свидетельствует о гипокоагуляции.

При изучении результатов, полученных при определении тромбинового, протромбинового времени и содержания фибриногена у экспериментальных коров, мы проводили анализ, опираясь на данные, которые были получены С.Ю. Завалишиной с соавт. [13] и Ю.Л. Ошурковой с соавт. [14].

При анализе показателей ТВ и ПВ у коров 1-й и 2-й экспериментальных групп существенных различий мы не обнаружили. В то же время отмечаем, что значения активированного частичного тромбопластинового времени близки к норме, обозначенной С.Ю. Завалишиной (2017).

Таблица 6

Уровень активированного парциального тромбопластинового (АЧТВ), протромбинового (ПВ), тромбинового (ТВ) времени у экспериментальных коров, с

Показатель	Норма (данные Завалишиной С.Ю.)	Группа 1	Группа 2
Активированное частичное тромбопластиновое время	$38,2 \pm 0,14$	$37,48 \pm 1,34$	$39,98 \pm 1,53$
Тромбиновое время	$15,1 \pm 0,12$	$25,92 \pm 5,868$	$26,98 \pm 5,679$
Протромбиновое время	$16,1 \pm 0,24$	$20,04 \pm 0,847$	$18,7 \pm 1,603$

При анализе таблицы 7 необходимо отметить, что во всех опытных группах имеет место снижение содержания фибриногена, но у коров 1-й группы это снижение было более значимым.

Таким образом, в экспериментальных группах коров отмечали удлинение протромбинового и тромбинового времени и снижение количества фибриногена.

Таблица 7

Уровень фибриногена у экспериментальных коров, г/л

Показатель	Фибриноген
Норма (данные Ошурковой Ю.Л., Медведева И.Н.)	2,75–3,65
Группа 1	$1,79 \pm 0,54$
Группа 2	$2,44 \pm 0,24$

Удлинение протромбинового времени может свидетельствовать о дефиците факторов свертывания системы крови вследствие патологии печени у животных. Полученные нами данные о воздействии микотоксинов на печень подтверждаются работами R.A. Coulombe [15], который

указывал, что попав в организм животного, микотоксины всасываются и метаболизируются или детоксифицируются печенью в нейтральные или менее токсичные формы. Однако при большой концентрации могут перегрузить печень и вызвать развитие опухоли. У животных

при вскрытии большинство токсинов обнаруживается в высокой концентрации в кишечнике, почках и печени.

Патологическое воздействие высоких концентраций микотоксинов на печень также подтверждается в наших исследованиях снижением количества фибриногена. На это же указывает удлинение тромбинового времени. Увеличение ТВ позволяет нам предположить у коров, потребляющих корма с повышенным содержанием микотоксинов, гипербилирубинемия, гипо- или дисфибриногемия.

На основании полученных результатов можно предположить, что применение малокомпонентных рационов с низким качеством кормов и высоким содержанием микотоксинов негативно сказывается на состоянии печени, приводит к дистрофическим изменениям органа. В свою очередь, это оказывает влияние на систему коагуляционного гемостаза. Поскольку ряд факторов свертывания системы крови синтезируются в печени, то нарушения технологии кормления, связанные с дачей кормов с высокой контаминацией грибами, могут привести к нарушению коагуляционного гемостаза.

Заключение. Впервые было проведено исследование коагуляционного гемостаза у коров при скармливании зараженных грибами кормов. Выявлены нарушения коагуляционного гемостаза у продуктивных животных и установлена связь с содержанием в кормах микотоксинов.

При этом показатель активированного частичного тромбопластинового времени был достоверно выше у коров, получавших корма с более высоким содержанием микотоксинов, разница составила 6,3 % ($p \leq 0,01$). Удлинение активированного частичного тромбопластинового времени свидетельствует о гипокоагуляции.

Таким образом, в группе лактирующих коров, получавших корма с значительным содержанием микотоксинов, отмечали удлинение протромбинового и тромбинового времени и снижение количества фибриногена.

Список источников

1. Влияние препарата «Полисоли микроэлементов» на обмен минеральных веществ у лактирующих коров в условиях интенсификации производства / Л.А. Гнездилова [и др.] // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2021. № 9. С. 6–15.
2. Влияние микотоксинов на репродуктивные и производственные показатели лактирующих коров в условиях интенсивного производства / Л.А. Гнездилова [и др.] // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2023. № 4. С. 70–80.
3. Прогнозирование репродуктивных качеств и предрасположенности к маститам коров голштинской и сементальской пород / В.С. Авдеенко [и др.] // Известия ТСХА. 2020. № 3. С. 107–121.
4. Coffey R., Cummins E., Ward S. Exposure assessment of mycotoxins in dairy milk // Food Control, 2009. 20:239-249.
5. Glenn A.E. Mycotoxigenic Fusarium species in animal feed // Animal Feed Science and Technology, 2007. 137:213-240.
6. Placinta C.M., D'Mello J.P.F., Macdonald A.M.C. A review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with Fusarium mycotoxins // Animal Feed Science and Technology, 1999. 78:21-37.
7. Наличие микотоксинов в органах молодняка животных и птиц при скармливании кормов, загрязненных микотоксинами / Н.А. Солдатенко [и др.] // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2020. № 4 (36). С. 439–442. DOI: 10.36871/vet.san.hygiene.ecol.202004005. EDN MTOOQK.
8. Воздействие сочетанных микотоксикозов на организм крупного рогатого скота / В.А. Антунюв [и др.] // Ветеринария и кормление. 2016. № 2. С. 42–43. EDN VSTYNJ.
9. Dänicke S., Winkler J. Invited review: Diagnosis of zearalenone (ZEN) exposure of farm animals and transfer of its residues into edible tissues (carry over) // Food and Chemical Toxicology, 2015. 84:225-249.
10. Individual and Combined Occurrence of Mycotoxins in Feed Ingredients and Complete Feeds in China / R. Ma [et al.] // Toxins 2018, 10:113.
11. Minimal transmission of zearalenone to milk of dairy cows / D.B. Prelusky [et al.] // J. Environ. Sci. Health Part B Pest. Food Contam. Agric. Wastes. 1990. 25:87-89.

12. Transformation of deoxynivalenol (vomitoxin) by rumen microorganisms / *R.R. King* [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* 1984. 32:1181-1183.
13. *Завалишина С.Ю.* Активность компонентов системы гемостаза у крупного рогатого скота: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Дубровицы, 2017, 54 с.
14. *Ошуркова Ю.Л., Медведев И.Н.* Физиологические особенности тромбоцитарно-коагуляционного гемостаза у сухостойных коров айширской породы // *Здоровье и образование в XXI веке.* 2017. Т. 19. С. 20–23.
15. *Coulombe R.A.* Symposium: Biological action of mycotoxins. *J. Dairy Sci.* 1993. 76:880-891.
7. Nalichie mikotoksinov v organah mladnyaka zhivotnyh i ptic pri skarmivanii kormov, zagryaznennyh mikotoksinami / *N.A. Soldatenko* [i dr.] // *Problemy veterinarnoj sanitarii, gigieny i `ekologii.* 2020. № 4 (36). S. 439–442. DOI: 10.36871/vet.san.hyg.ecol. 202004005. EDN MTOOQK.
8. Vozdejstvie sochetannyh mikotoksikozov na organizm krupnogo rogatogo skota / *V.A. Antipov* [i dr.] // *Veterinariya i kormlenie.* 2016. № 2. S. 42–43. EDN VSTYNJ.
9. *Dänicke S., Winkler J.* Invited review: Diagnosis of zearalenone (ZEN) exposure of farm animals and transfer of its residues into edible tissues (carry over) // *Food and Chemical Toxicology,* 2015. 84:225-249.

References

1. Vliyanie preparata «Polisoli mikro`elementov» na obmen mineral'nyh veschestv u laktiruyuschih korov v usloviyah intensivnizatsii proizvodstva / *L.A. Gnezdilova* [i dr.] // *Veterinariya, zootehniya i biotekhnologiya.* 2021. № 9. S. 6–15.
2. Vliyanie mikotoksinov na reproduktivnye i proizvodstvennye pokazateli laktiruyuschih korov v usloviyah intensivnogo proizvodstva / *L.A. Gnezdilova* [i dr.] // *Veterinariya, zootehniya i biotekhnologiya.* 2023. № 4. S. 70–80.
3. Prognozirovanie reproduktivnyh kachestv i predispozitsionnosti k mastitam korov golshtinskoj i semental'skoj porod / *V.S. Avdeenko* [i dr.] // *Izvestiya TSHA.* 2020. № 3. S. 107–121.
4. *Coffey R., Cummins E., Ward S.* Exposure assessment of mycotoxins in dairy milk // *Food Control,* 2009. 20:239-249.
5. *Glenn A.E.* Mycotoxigenic *Fusarium* species in animal feed // *Animal Feed Science and Technology,* 2007. 137:213-240.
6. *Placinta C.M., D'Mello J.P.F., Macdonald A.M.C.* A review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with *Fusarium* mycotoxins // *Animal Feed Science and Technology,* 1999. 78:21-37.
10. Individual and Combined Occurrence of Mycotoxins in Feed Ingredients and Complete Feeds in China / *R. Ma* [et al.] // *Toxins* 2018, 10:113.
11. Minimal transmission of zearalenone to milk of dairy cows / *D.B. Prelusky* [et al.] // *J. Environ. Sci. Health Part B Pest. Food Contam. Agric. Wastes.* 1990. 25:87-89.
12. Transformation of deoxynivalenol (vomitoxin) by rumen microorganisms / *R.R. King* [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* 1984. 32:1181-1183.
13. *Zavalishina S.Yu.* Aktivnost' komponentov sistemy gemostaza u krupnogo rogatogo skota: avtoref. dis. ... d-ra boil. nauk. Dubrovicy, 2017, 54 s.
14. *Oshurkova Yu.L., Medvedev I.N.* Fiziologicheskie osobennosti trombocitarno-koagulyacionnogo gemostaza u suhostojnyh korov ajshirskoj porod / *Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke.* 2017. Т. 19. С. 20–23.
15. *Coulombe R.A.* Symposium: Biological action of mycotoxins. *J. Dairy Sci.* 1993. 76:880-891.

Статья принята к публикации 04.12.2023 / The article accepted for publication 04.12.2023.

Информация об авторах:

Лариса Александровна Гнездилова¹, заведующая кафедрой диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных, доктор ветеринарных наук, профессор

Сергей Васильевич Федотов², профессор кафедры диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных, доктор ветеринарных наук

Жора Юрикович Мурадян³, доцент кафедры диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных, кандидат биологических наук

Серафим Михайлович Розинский⁴, ассистент кафедры диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных

Information about the authors:

Larisa Aleksandrovna Gnezdilova¹, Head of the Department of Disease Diagnostics, Therapy, Obstetrics and Animal Reproduction, Doctor of Veterinary Sciences, Professor

Sergei Vasilievich Fedotov², Professor at the Department of Disease Diagnostics, Therapy, Obstetrics and Animal Reproduction, Doctor of Veterinary Sciences

Zhora Yurikovich Muradyan³, Associate Professor at the Department of Disease Diagnostics, Therapy, Obstetrics and Animal Reproduction, Candidate of Biological Sciences

Seraphim Mikhailovich Rozinsky⁴, Assistant at the Department of Disease Diagnostics, Therapy, Obstetrics and Animal Reproduction

