

Л.А. Гнездилова

Ж.Ю. Мурадян ✉

Ю.С. Круглова

С.М. Розинский

Московская государственная
академия ветеринарной медицины
и биотехнологии — МВА
им. К.И. Скрябина, Москва, Россия

✉ zh_muradyan@mail.ru

Поступила в редакцию: 19.05.2025

Одобрена после рецензирования: 11.08.2025

Принята к публикации: 26.08.2025

© Гнездилова Л.А., Мурадян Ж.Ю.,
Круглова Ю.С., Розинский С.М.

Изучение действия бетулиносодержащей кормовой добавки на лизоцимную и бактерицидную активность сыворотки крови телят и коров дойного стада

РЕЗЮМЕ

Изучено влияние бетулиносодержащей кормовой добавки на лизоцимную и бактерицидную активность сыворотки крови телят и коров дойного стада в условиях животноводческого комплекса.

Показано, что спустя 14 дней эксперимента содержание лизоцима у 5-месячных телят опытной группы было больше, чем в контроле, на 18,5% ($p \leq 0,01$), у 10-месячных телят опытной группы было больше контроля на 23% ($p \leq 0,01$), а у коров опытной группы на 35% ($p \leq 0,05$) превышало значение содержания лизоцима сыворотки крови коров контрольной группы.

Установлено, что спустя 14 дней эксперимента содержание БАСК у 5-месячных телят опытной группы превышало значение контрольной группы на 22,5% ($p \leq 0,05$), у 10-месячных телят опытной группы превышало данные контрольной группы на 14,7% ($p \leq 0,01$) и у коров опытной группы на 36,75% ($p \leq 0,05$) БАСК была выше, чем у коров контрольной группы.

Таким образом, полученные данные демонстрируют активацию факторов неспецифической резистентности у всех исследуемых возрастных групп животных после дачи кормовой добавки, содержащей бетулин, и подтверждают перспективность применения природной кормовой добавки для коррекции иммунного статуса крупного рогатого скота.

Ключевые слова: бетулин, лизоцим, бактерицидная активность, коровы, телята, неспецифический иммунитет, пероральное введение, микробиологический анализатор, сыворотка крови

Для цитирования: Гнездилова Л.А., Мурадян Ж.Ю., Круглова Ю.С., Розинский С.М. Изучение действия бетулиносодержащей кормовой добавки на лизоцимную и бактерицидную активность сыворотки крови телят и коров дойного стада. *Аграрная наука*. 2025; 398 (09): 30–37.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-398-09-30-37>

Larisa A. Gnezdilova

Zhora Yu. Muradyan ✉

Yulia S. Kruglova

Serafim M. Rozinsky

Moscow State Academy of Veterinary
Medicine and Biotechnology — MVA
by K.I. Skryabin, Moscow, Russia

✉ zh_muradyan@mail.ru

Received by the editorial office: 19.05.2025

Accepted in revised: 11.08.2025

Accepted for publication: 26.08.2025

© Gnezdilova L.A., Muradyan Zh.Yu.,
Kruglova Yu.S., Rozinsky S.M.

Study of the effect of betulin-containing feed additive on lysozyme and bactericidal activity of blood serum of calves and dairy cows

ABSTRACT

A scientifically of the effect of betulin-containing feed additive on the lysozyme and bactericidal activity of the blood serum of calves and dairy cows in the conditions of a livestock complex was carried out.

It was shown that after 14 days of the experiment, the lysozyme content in five-month-old calves of the experimental group was higher than in the control by 18.5% ($p \leq 0.01$), in ten-month-old calves of the experimental group it was higher than the control by 23% ($p \leq 0.01$), and in cows of the experimental group it exceeded the lysozyme content of the blood serum of cows of the control group by 35% ($p \leq 0.05$). It was found that after 14 days of the experiment, the content of BASK in five-month-old calves of the experimental group exceeded the value of the control group by 22.5% ($p \leq 0.05$), in ten-month-old calves of the experimental group it exceeded the data of the control group by 14.7% ($p \leq 0.01$) and in cows of the experimental group by 36.75% ($p \leq 0.05$) BASK was higher than in cows of the control group. Thus, the data obtained demonstrate the activation of nonspecific resistance factors in all studied age groups of animals after giving a feed additive containing betulin, and confirm the prospects of using a natural feed additive to correct the immune status of cattle.

Key words: betulin, lysozyme, bactericidal activity, cows, calves, non-specific immunity, oral administration, microbiological analyzer, blood serum

For citation: Gnezdilova L.A., Muradyan Zh.Yu., Kruglova Yu.S., Rozinsky S.M. Study of the effect of betulin-containing feed additive on lysozyme and bactericidal activity of blood serum of dairy calves and cows. *Agrarian science*. 2025; 398 (09): 30–37 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-398-09-30-37>

Введение/Introduction

При современном уровне физического, химического и биологического загрязнения окружающей среды сельскохозяйственные животные, так же как и люди, страдают от иммунодефицита — разбалансировки нормального функционирования иммунной системы [1, 2]. Это приводит к существенному снижению общей сопротивляемости организма животного к различным заболеваниям вирусной и бактериальной этиологии. У коров снижаются показатели продуктивности и воспроизводительная способность, у молодняка нарушается положительная динамика увеличения живой массы тела.

Условия, которые создают дополнительный стресс для животных, например неправильно сбалансированный рацион, инфекционные и инвазионные болезни или акушерско-гинекологические заболевания, усугубляют ситуацию [3–5]. При анализе качества корма необходимо обращать внимание на природные загрязнители, в том числе на микотоксины, которые продолжают оказывать серьезное воздействие на здоровье животных [6].

Таким образом, восстановление нормального функционирования иммунной системы животного, создание более напряженного иммунитета с помощью новых кормовых добавок, основу которых составляют биологически активные вещества растительного происхождения, в настоящее время являются весьма актуальными [7–11].

В области ветеринарной медицины активно развиваются новые направления решения проблемы инфекционных болезней — создание и применение препаратов растительного происхождения, способных оказывать физиологически значимые эффекты на организм животного, такие как иммуномодулирующее, антиоксидантное и антимикробное действие [12, 13].

Биоактивные природные компоненты характеризуются низкой токсичностью, высокой доступностью в качестве сырьевой базы и относительно просты в экстракции [14].

К таким природным соединениям относится природный пентациклический тритерпеноид лупанового ряда — бетулин. Он содержится в большом количестве растений (орешнике, календуле, солодке), но в промышленных масштабах его получают экстракцией из бересты — наружного слоя коры березы белой (*Betula Alba*), повислой (*Betula Pendula*) [15–18].

Тритерпеноиды бересты, в частности бетулин и его производные, обладают биологической активностью, которая детерминирована их естественными функциями в растительных тканях, где данные соединения обеспечивают резистентность к абиотическим стрессам (УФ-радиации, температурным колебаниям) и биотическим угрозам, включая бактерии, грибы, вирусы и насекомых-вредителей [19].

Бетулин является объектом длительного изучения в медицине, в том числе ветеринарной.

Доказано, что данное соединение проявляет иммуномодулирующую активность путем потенцирования иммунного ответа на патогены. Этот эффект опосредован активацией макрофагов — клеток, ответственных за фагоцитоз бактерий и инфицированных вирусами клеток [20]. Помимо этого, бетулин и его производные индуцируют синтез интерферона, тем самым усиливая противовирусную резистентность организма. Поскольку активные формы кислорода (АФК) генерируются как в условиях патологии, так и в ходе физиологического процесса тканевого дыхания, важным свойством бетулина является его выраженная антиоксидантная активность. Он обеспечивает протекцию клеточных мембран от пероксидативного повреждения, выступая в роли защитного агента [21].

В ветеринарии положительные результаты от применения бетулина были получены для лечения крупного рогатого скота при болезнях слизистых оболочек — инфекционном ринотрахеите и вирусной диареи (ИРТ ВД-БС), свиней и телят при инфекционных болезнях смешанной этиологии [22, 23], при изучении влияния бетулина на состояние здоровья собак [24] и птицы [25].

Препараты «Бетулин-экстракт» (БЭ) для перорального применения и растворимая форма «Бетулин-ЭПГ» для парентерального применения с положительным результатом были испытаны на лабораторных животных, птице, телятах и северных оленях [26, 27].

Исследования, направленные на изучение биологической активности растительных тритерпеновых соединений, являются актуальными [28–31]. Одним из перспективных направлений в данной области является изучение молекулярных механизмов действия бетулина и его синтетических производных на показатели неспецифической резистентности организма сельскохозяйственных животных [32, 33]. Невосприимчивость его к воздействию разнообразных патогенных факторов приобретает критическое значение, в особенности в условиях интенсивного животноводства, сопряженного с высокой производственной нагрузкой. В связи с этим крупный рогатый скот (КРС) должен иметь высокую адаптивность к стрессам, устойчивость к заболеваниям и потенциалом для длительного продуктивного использования, что особенно актуально для дойных коров [34, 35].

Объективную и комплексную оценку состояния системы естественной резистентности организма животных обеспечивает мониторинг клеточного и гуморального звеньев неспецифического иммунитета по показателям периферической крови [36].

В связи с вышеизложенным был предложен экспериментальный протокол для изучения эффективности природной кормовой добавки на основе бетулина при скормливании телятам и коровам в период лактации. Критерием оценки выступили изменения параметров естественной

резистентности на примере бактерицидной и лизоцимной активности крови.

Цель настоящего исследования — оценка воздействия бетулиносодержащей кормовой добавки на неспецифические факторы гуморального иммунитета — лизоцимную и бактерицидную активность сыворотки крови у телят и коров молочного стада в условиях промышленного животноводческого комплекса.

В задачи исследования входили:

1. Количественное определение динамики лизоцимной активности сыворотки крови.
2. Оценка изменений бактерицидной активности сыворотки крови у телят и лактирующих коров на фоне пероральной аппликации бетулинсодержащей добавки.
3. Проведение сравнительного анализа иммунобиологических показателей между опытной и контрольной группами.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили с сентября по октябрь 2024 года на молочных комплексах племенного хозяйства СХП «Колхоз «Сознательный»» (Зубцовский р-н, Тверская обл., Россия) и на базе лаборатории микробиологии Федерального исследовательского центра животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста (Московская обл.).

Хозяйство благополучно по лейкозу, туберкулезу, бруцеллезу.

Для экспериментальных исследований предметом были выделены животные разных физиологических групп: бычки 5- и 10-месячного возраста и лактирующие коровы сычевской породы 2-й и 3-й лактации.

Телята (бычки) находились в беспривязном содержании в отдельном комплексе — по 10 голов в секторе, коровы — по принципу привязного содержания в отдельном комплексе на 200 голов.

Условия содержания животных соответствовали ветеринарно-санитарным и гигиеническим требованиям по содержанию помещений и территорий.

При кормлении бычков и коров 2–3-й лактации использовали рационы, в состав которых входили

сено разнотравное луговое (42,4–43,2%), силос кукурузный (17,6–18,9%), зерновая смесь дробленая (пшеница или ячмень) (38,2–39,0%).

Рационы для животных были сформированы по потребности в питательных веществах и энергии¹.

Для изучения действия бетулина на лизоцимную и бактерицидную активность сыворотки крови телят и коров дойного стада были сформированы: 2 группы бычков (опытная и контрольная — по 10 голов в каждой) возраста 5 месяцев с живой массой 150–165 кг^{2, 3}; 2 группы бычков (опытная и контрольная — по 10 голов в каждой) возраста 10 месяцев с живой массой 286–316 кг; 2 группы лактирующих здоровых коров 2–3-й лактации (опытная и контрольная — по 10 голов в каждой) с живой массой 550–600 кг и удоем 7000–8000 в год.

С опытными и контрольными животными проводили все плановые диагностические мероприятия согласно утвержденной схеме лечебно-профилактических обработок в хозяйстве.

Все эксперименты на животных были выполнены с соблюдением этических норм, соответствующих Директиве Европейского союза № 2010/63/ЕС⁴ и принципам гуманного обращения с животными, изложенным в статье 4 Федерального закона РФ № 498-ФЗ⁵.

При проведении исследований были предприняты меры, чтобы свести к минимуму страдания животных и количество исследованных опытных образцов.

Добавку, содержащую бетулин⁶ (с маркировкой ИП «Иванов Сергей Олегович», ТУ 10.89.15-008-2003838090-2022), в виде водной взвеси в 2%-ном растворе кукурузного крахмала для улучшения биодоступности препарата (далее — бетулиносодержащая добавка) задавали индивидуально каждому животному опытных групп перорально с помощью резиновой бутылки в дозе 10 мг/кг живой массы тела один раз в день в течение 14 дней. Расчет дозы осуществляли, опираясь на ранее проведенные научные исследования⁷.

В начале исследования, а также ежедневно на протяжении 14 суток совместно со специалистами предприятия оценивали клиническое состояние животных: температуру, пульс, дыхание, поведенческие реакции, аппетит, акт дефекации и

¹ Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / А.П. Калашников, В.И. Фисинин, В.В. Щеллов и др. 3-е изд. (перераб. и доп.). М.: Знание. 2003; 456. ISBN 5-94587-093-5, EDN PXQMHL

² Живую массу крупного рогатого скота определяли с помощью мерной ленты путем обмера. Методика проведения: определяли живую массу КРС измеряя косую длину туловища (от крайней передней точки выступа плечевой кости до заднего выступа седалищного бугра) и обхват груди за лопатками.

³ Лебедько Е.А. Определение живой массы сельскохозяйственных животных по промерам: практическое руководство. М.: Аквариум-Принт. 2006; 48. ISBN 5-98435-574-4

⁴ Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях. https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf

⁵ Федеральный закон от 27.12.2018 № 498-ФЗ (ред. от 24.07.2023) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

⁶ Общее наименование продукции «Экстракт бересты бетулиносодержащий» с маркировкой ИП «Иванов Сергей Олегович». Тип объекта декларирования: серийный выпуск. Декларация: ЕАЭС № RU Д-РУ.РА04.В.54045/23. Регламенты: ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции; ТР ТС 022/2011 Пищевая продукция в части ее маркировки; ТР ТС 029/2012 Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств.

⁷ Красиков А.П., Алексеева И.Г., Деев Л.Е., Панфилов Р.Ю. Применение бетулина для лечения телят при ассоциативных инфекциях. Ветеринарная патология. 2010; 1(32): 49–57.

диурез, двигательную активность, состояние кожных покровов.

В период проведения эксперимента у животных опытных групп не отмечено достоверных изменений показателей температуры тела, частоты пульса и количества дыхательных движений. Не было выявлено общей реакции организма на введение препарата. Не отмечали изменений поведенческих реакций, понижения аппетита, расстройства дефекации и диуреза, а также снижения удоев.

Кровь у животных брали из яремной и подвздошной вен до и после 14 дней использования добавки с бетулином. Далее получали сыворотку на кафедре диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина.

Определение лизоцимной и бактерицидной активности сыворотки крови проводили с использованием 96-луночного микробиологического анализатора Multiskan FC (Thermo Scientific, США)⁸.

Для определения процента лизиса, количества лизоцима (мкг) в 1 мл сыворотки крови, удельной единицы активности (ед. а.) в пересчете на 1 мг белка использовали музейный тест-штамм *Micrococcus luteus* (*lysodeicticus*) 4698 ATCC 1537 ATCC-2665 с OD₅₄₀ 0,6–0,62 McF («Мак-Фарланда») — предоставлен из коллекции Федерального исследовательского центра, животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста (Московская обл.).

В каждую лунку вносили 0,05 мл исследуемой сыворотки крови, 0,2 мл фосфатного буфера и 0,1 мл стандартной культуры. Термостатировали на термостате DSI-200D (DIGI System, Тайвань) при 37 °C с определением OD через 1 и 3 часа.

Количество лизоцима в 1 мл сыворотки крови определяли по калибровочной кривой, построенной по стандартному раствору лизоцима. Пересчет уровня лизоцимной активности ферментов в единицы активности на 1 мг белка выражали в условных единицах активности на 1 мг белка (уд. е. а. / мг белка).

Для оценки активности сыворотки крови (БАСК) готовили суспензию суточной музейной тест-культуры *Escherichia coli* M-17-02 с оптической плотностью 1,9 McF — предоставлен из коллекции Федерального исследовательского центра животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста (Московская обл.). В 96-луночные планшеты разливали по 0,2 мл мясо-пептонного бульона и вносили по 0,05 мл испытуемой сыворотки крови и 0,1 мл инокулюма культуры *Escherichia coli* M-17-02. Термостатировали на термостате DSI-200D (DIGI System, Тайвань) при 37 °C 5 часов.

Измерения проводили сразу и через 5 часов культивирования⁹.

Обработка экспериментальных данных выполнена с использованием методов биометрии¹⁰ и компьютерной программы Microsoft Office Excel (США) пакета «Анализ данных»¹¹.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Ранее авторами были получены результаты биохимического анализа крови животных в эксперименте [37].

Результаты определения количества лизоцима в сыворотке крови и бактерицидной активности сыворотки крови бактерицидной активности у телят и коров до и через 14 дней после применения бетулиносодержащей добавки представлены в виде таблиц.

Из таблицы 1 видно, что пероральное введение добавки 5-месячным телятам на основе бетулина имеет достоверное повышение уровня лизоцима и БАСК в сыворотке крови телят ($p \leq 0,05$). В контрольной группе значимых изменений не было выявлено. Из этого следует, что бетулиносодержащая кормовая добавка способствует усилению неспецифического иммунитета у телят.

В таблице 2 показано, что кормовая добавка на основе бетулина достоверно повышает уровень лизоцима и БАСК у телят ($p \leq 0,05$) в возрасте 10 месяцев. В контрольной группе изменений по данному показателю не наблюдали. Различия между группами статистически значимы ($p \leq 0,01$), что подтверждает иммуномодулирующий эффект добавки.

После применения кормовой добавки, содержащей бетулин, как показано в таблице 3, у коров опытной группы наблюдалось достоверное повышение уровня лизоцима и БАСК ($p \leq 0,05$),

Таблица 1. Определение лизоцима и бактерицидной активности сыворотки крови 5-месячных телят до и после применения бетулиносодержащей кормовой добавки (n = 10, M ± m)

Table 1. Determination of lysozyme and bactericidal activity of blood serum of five-month-old calves before and after application of betulin-containing feed additive (n = 10, M ± m)

	Лизоцим, мкг/мл сыворотки		БАСК	
Контрольная группа				
	до	после	до	после
M ± m	0,219±0,07	0,225 ± 0,04	37,56±3,44	37,48±4,11
Опытная группа				
	до	после	до	после
M ± m	0,168±0,05*	0,276±0,04**	36,94±3,53*	48,36±6,50

Примечание: * различия достоверны при $p \leq 0,05$; ** различия достоверны при $p \leq 0,01$ относительно контроля.

⁸ Патент 2294373 С2 РФ МПК (51) G01N 33/48 (2006.01) Способ определения лизоцимной активности биологических объектов. Заявка: от 08.02.2005 № 2005103265/13. Патентообладатель: Оренбургская государственная медицинская академия Министерства здравоохранения Российской Федерации. Статус: не действует (последнее изменение статуса 09.02.2025). Пошлина: патент перешел в общественное достояние.

⁹ Методы ветеринарной классической лабораторной диагностики: справочник / под. ред. проф. И.П. Кондрахина. М.: КолосС. 2004; 492.

¹⁰ Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа. 1990; 352.

¹¹ Макарова Н.В., Трофимец В.Я. Статистика в Excel. М.: Финансы и статистика. 2002; 368.

Таблица 2. Лизоцимная и бактерицидная активность сыворотки крови 10-месячных телят до и после применения бетулиносодержащей кормовой добавки (n = 10, M ± m)

Table 2. Determination of lysozyme and bactericidal activity of blood serum of ten-month-old calves before and after the use of a betulin-containing feed additive (n = 10, M ± m)

	Лизоцим, мкг/мл сыворотки		БАСК	
Контрольная группа				
	до	после	до	после
M ± m	0,194 ± 0,06	0,202 ± 0,05	37,91 ± 4,02	37,45 ± 4,29
Опытная группа				
	до	после	до	после
M ± m	0,173 ± 0,05*	0,262 ± 0,04*	31,33 ± 6,55*	43,88 ± 8,47**

Примечание: * различия достоверны при $p \leq 0,05$; ** различия достоверны при $p \leq 0,01$.

Таблица 3. Лизоцимная и бактерицидная активность сыворотки крови дойных коров в эксперименте (n = 10, M ± m)

Table 3. Determination of lysozyme and bactericidal activity of blood serum of dairy cows (n = 10, M ± m)

	Лизоцим, мкг/мл сыворотки		БАСК	
Контрольная группа				
	до	после	до	после
M ± m	0,204±0,05	0,211±0,05*	36,48±3,52	37,79±2,52*
Опытная группа				
	до	после	до	после
M ± m	0,216±0,03	0,325±0,02	40,52±8,23*	59,74±5,27

Примечание: * различия достоверны при $p \leq 0,05$; ** различия достоверны при $p \leq 0,01$.

а в контрольной группе значимых изменений не было обнаружено.

В начале эксперимента показатели количества лизоцима и БАСК у 5-, 10-месячных телят и коров между опытными и контрольными группами статистически достоверных различий не имели.

Средние значения количества лизоцима в опытной группе 5- и 10-месячных телят были ниже, чем в контроле ($0,168 \pm 0,05$ в опыте против $0,219 \pm 0,07$ в контроле у 5-месячных телят и $0,173 \pm 0,05$ в опыте против $0,194 \pm 0,06$ в контроле у 10-месячных телят, а у коров значение $0,216 \pm 0,03$ в опыте против $0,204 \pm 0,05$ в контроле, что, однако, подтверждает различие между опытной и контрольной группами статистически недостоверным, оценивали по критерию Стьюдента¹²).

При этом следует отметить, что по клиническим показателям, значениям температуры, пульса, дыхания, живой массе, а также результатам гематологических и биохимических исследований между опытными и контрольными группами в начале эксперимента существенных различий не было.

Спустя 14 дней после дачи бетулиносодержащей кормовой добавки отмечали повышение количества лизоцима сыворотки крови во всех опытных группах животных ($p \leq 0,05$). При этом у животных контрольных групп содержание

лизоцима сыворотки крови к концу эксперимента оставалось на прежнем уровне.

Несмотря на то что в начале эксперимента значение лизоцима у телят опытной группы было ниже, чем в контроле, на 30% у 5-месячных и на 12% у 10-месячных, сравнение конечного результата между опытными и контрольными группами спустя 14 дней эксперимента показало, что содержание лизоцима у 5-месячных телят опытной группы было больше, чем в контроле на 18,5% ($p \leq 0,01$), у 10-месячных телят опытной группы было больше контроля на 23% ($p \leq 0,01$), а у коров опытной группы на 35% ($p \leq 0,05$) превышало значение содержания лизоцима сыворотки крови коров контрольной группы.

Результаты исследования изменения БАСК телят и коров с применением бетулиносодержащей кормовой добавки коррелировали с результатами определения содержания лизоцима сыворотки крови. Так, у 5-месячных телят опытной группы через 14 дней после дачи бетулиносодержащей кормовой добавки значение БАСК увеличилось с $36,94 \pm 3,53$ до $48,36 \pm 6,5\%$ ($p \leq 0,05$).

Аналогичные изменения бактерицидной активности сыворотки крови наблюдали и у телят 10-месячного возраста и коров. В то же время у животных контрольных групп БАСК к концу опыта оставалась на прежнем уровне.

Выводы/Conclusions

На основании проведенных исследований установлено, что пероральное применение бетулиносодержащей кормовой добавки вызывает статистически достоверное (при $p \leq 0,01$) повышение уровня лизоцима (на 64,3%) у 5-месячных телят, на 51,4% — у 10-месячных, а также увеличение бактерицидной активности сыворотки крови на 30,9% и 40,1%, соответственно, по сравнению с контрольными группами.

У лактирующих коров опытной группы зафиксирован рост лизоцимной активности на 50,5% и увеличение БАСК на 47,5% относительно исходных значений, в то время как в контрольной группе изменения показателей не превышали 3,2%.

Полученные количественные данные демонстрируют выраженную динамику изученных иммунологических параметров, достигающую максимальной значимости при $p \leq 0,01$. Выявленная положительная динамика неспецифических факторов гуморального иммунитета свидетельствует о наличии выраженного иммуномодулирующего действия изучаемой добавки.

Таким образом, применение бетулина способствует статистически значимому усилению естественной резистентности организма животных, что подтверждается активацией как лизоцимной, так и бактерицидной системы сыворотки крови с максимальной эффективностью у 10-месячных телят.

¹² ГОСТ Р ИСО 13528-2010 Статистические методы. Применение при экспериментальной проверке компетентности посредством межлабораторных сравнительных испытаний. М: Стандартинформ. 2012; 61.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование проводили в рамках гранта РНФ «Природные адаптогены для восстановления воспроизводительной функции у крупного рогатого скота при микотоксикозах» (соглашение № 23-26-00150).

FUNDING

The study was conducted within the framework of the Russian Science Foundation grant "Natural adaptogens for restoring reproductive function in cattle with mycotoxicosis" (agreement No. 23-26-00150).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антипин А.В. Особенности клинического течения и диагностики первичных иммунодефицитов. *Междисциплинарная иммунология: перспективы развития. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых*. Киров: Кировский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2025; 21–23. <https://www.elibrary.ru/bumcyx>
2. Семенов К.Г., Анакова Е.А. Патологии иммунной системы. Иммунодефициты. *Студенческая наука — первый шаг в академическую науку. Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции с участием школьников 10–11-х классов*. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет. 2025; 546–547. <https://www.elibrary.ru/zueybk>
3. Аглюлина А.Р. Естественная резистентность телят в условиях резко континентального климата Оренбургской области. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2010; (2): 69–70. <https://www.elibrary.ru/mqgbyp>
4. Гнездилова Л.А., Федотов С.В., Мурадян Ж.Ю., Розинский С.М. Влияние микотоксинов на репродуктивные и производственные показатели лактирующих коров в условиях интенсивного производства. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2023; (4): 70–79. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202304007>
5. Gnezdilova L.A., Kruglova Yu.S., Muradyan Zh.Yu., Rozinsky S.M. Sustainable ecological health of livestock farms, the impact of a betulin-containing feed additive on clinical and hematological parameters in breeding calves and dairy cows. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2024; 14(4): 191–200. <https://doi.org/10.31407/ijeess14.423>
6. Зайцев В.В., Серых М.М., Овчинников С.В. Повышение резистентности новорожденных телят. *Актуальные проблемы ветеринарии и зоотехнии в XXI веке. Сборник научных трудов*. Самара: Самарская государственная сельскохозяйственная академия. 2004; 59–60. <https://www.elibrary.ru/tpisaj>
7. Красиков А.П., Алексеева И.Г., Ушаков А.В. Стимуляция иммунного ответа с помощью бетулина при его сочетанном применении с вакцинами против лептоспироза и фузобактериоза животных. *Ветеринарная патология*. 2014; 2(48): 45–50. <https://www.elibrary.ru/sxlucf>
8. Иванов Н.Г. Стимуляция иммуногенеза биопрепаратами. Научно-образовательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России. *Материалы IV Международной научно-практической конференции*. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет. 2024; 117–119. <https://www.elibrary.ru/spbktx>
9. Беликова Д.А., Никулин Ю.П., Никулина О.А. Влияние фитодобавок на продуктивность, иммунитет и воспроизводительные качества сельскохозяйственных животных. *Роль аграрной науки в развитии лесного и сельского хозяйства Дальнего Востока. Материалы VII Международной научно-практической конференции*. Уссурийск: Приморский государственный аграрно-технологический университет. 2024; 42–47. <https://www.elibrary.ru/mxsvax>
10. Девяткин В.А. Использование хвои как источника фитобактериальных препаратов в питании животных и аквакультуры. *Аграрная наука*. 2023; (6): 50–57. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-50-57>
11. Мишуров А.В., Романов В.Н., Довыденкова М.В. Иммунный и антиоксидантный статус организма ягнят при использовании бурых водорослей *Fucus vesiculosus*. *Аграрная наука*. 2023; (9): 47–51. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-47-51>
12. Gnezdilova L., Kruglova Yu., Muradyan Zh., Rozinsky S. Assessing the ecological impact of betulin-containing feed additives: insights from biochemical parameters in breeding calves and dairy cows. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2025; 15(1): 103–112. <https://doi.org/10.31407/ijeess15.112>

REFERENCES

1. Antipin A.V. Features of the clinical course and diagnosis of primary immunodeficiencies. *Interdisciplinary immunology: development prospects. Proceedings of the II All-Russian scientific and practical conference of students and young scientists*. Kirov: Kirov State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2025; 21–23 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/bumcyx>
2. Semenov K.G., Anakova E.A. Pathologies of the immune system. Immunodeficiencies. *Student science is the first step into academic science. Proceedings of the All-Russian student scientific and practical conference with the participation of schoolchildren of grades 10–11*. Cheboksary: Chuvash State Agrarian University. 2025; 546–547 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zueybk>
3. Aglyulina A.R. Natural resistance of calves under the conditions of sharp-continent climate of the Orenburg region. *Izvestia Orenburg state agrarian university*. 2010; (2): 69–70 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/mqgbyp>
4. Gnezdilova L.A., Fedotov S.V., Muradyan Zh.Yu., Rozinsky S.M. Effect of mycotoxins on reproductive and production performance of lactating cows under conditions of intensive production. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2023; (4): 70–79 (in Russian). <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202304007>
5. Gnezdilova L.A., Kruglova Yu.S., Muradyan Zh.Yu., Rozinsky S.M. Sustainable ecological health of livestock farms, the impact of a betulin-containing feed additive on clinical and hematological parameters in breeding calves and dairy cows. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2024; 14(4): 191–200. <https://doi.org/10.31407/ijeess14.423>
6. Zaytsev V.V., Serykh M.M., Ovchinnikov S.V. Increasing the resistance of newborn calves. *Actual problems of veterinary science and animal science in the 21st century. Collection of scientific papers*. Samara: Samara State Agricultural Academy. 2004; 59–60 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/tpisaj>
7. Krasikov A.P., Alekseeva I.G., Ushakov A.V. Stimulation of the immune response with betulin in its combined use with vaccines against leptospirosis and fusobacteriosis in animals. *Veterinary pathology*. 2014; 2(48): 45–50 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/sxlucf>
8. Ivanov N.G. Stimulation of immunogenesis with biopreparations. *Scientific and educational environment as a basis for developing the intellectual potential of agriculture in the regions of Russia. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference*. Cheboksary: Chuvash State Agrarian University. 2024; 117–119 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/spbktx>
9. Belikova D.A., Nikulin Yu.P., Nikulina O.A. Influence of phytoadditives on productivity, immunity and reproductive qualities of farm animals. *The role of agricultural science in the development of forestry and agriculture in the Far East. Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference*. Ussuriysk: Primorsky State Agrarian and Technological University. 2024; 42–47 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/mxsvax>
10. Devyatkin V.A. The use of needles as a phytobiotics in animal nutrition and aquaculture. *Agrarian science*. 2023; (6): 50–57 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-50-57>
11. Mishurov A.V., Romanov V.N., Dovydenkova M.V. Immune and antioxidant status of the body of lambs using brown algae *Fucus vesiculosus*. *Agrarian science*. 2023; (9): 47–51 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-47-51>
12. Gnezdilova L., Kruglova Yu., Muradyan Zh., Rozinsky S. Assessing the ecological impact of betulin-containing feed additives: insights from biochemical parameters in breeding calves and dairy cows. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2025; 15(1): 103–112. <https://doi.org/10.31407/ijeess15.112>

13. Красиков А.П., Плешакова В.И., Новицкий А.А., Трофимов И.Г., Алексеева И.Г., Лещёва Н.А. Применение растительного препарата «Бетулин» в животноводстве. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики*. Серия: Естественные и технические науки. 2017; (12–2): 9–13. <https://www.elibrary.ru/vwagsd>
14. Шрайнер А.А., Сунцова О.А., Лыско С.Б., Кулаков И.В. Разработка новых биологически активных препаратов на основе бетулина для нужд практической ветеринарии. *Биотехнологии в сельском хозяйстве, промышленности и медицине. Сборник материалов Региональной научно-практической конференции молодых ученых*. Омск: Омский ГАУ. 2017; 277–282. <https://www.elibrary.ru/vvpwfv>
15. Карамеева А.С., Зайцев В.В. Показатели естественной резистентности коров разных пород. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2011; (2): 150–153. <https://www.elibrary.ru/nebjnt>
16. Сабыр А.Е., Аймаков А.О. Технология получения биологических активных веществ из коры березы. *Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения. Сборник материалов V Международной научно-практической молодежной конференции, посвященной памяти Р.Д. Поландовой*. М.: Белый Ветер. 2023; 157–159. <https://www.elibrary.ru/vislxi>
17. Васильев В.В. Кора березы — ценное сырье для химической переработки. *Древесные плиты и фанера: теория и практика. XXVI Всероссийская научно-практическая конференция*. СПб.: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова. 2023; 48–52. <https://www.elibrary.ru/kwsekl>
18. Лушков Д.А., Никонова Н.Н., Хуршкainen Т.В. Выделение экстрактивных веществ из березовой коры методом эмульсионной экстракции. *Человек и окружающая среда. Сборник докладов XI Всероссийской молодежной научной конференции*. Сыктывкар: Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина. 2023; 94–98. <https://www.elibrary.ru/ptwmlm>
19. Куликова Н.А. Исследование содержания билирубина в крови крупного рогатого скота. *Международный студенческий научный вестник*. 2017; (4–5): 616–618. <https://www.elibrary.ru/zegmkh>
20. Петренко А.А., Барышников П.И. Применение биогенных препаратов растительного происхождения в ветеринарии. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2024; (3): 62–67. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2024-233-3-62-67>
21. Алексеева И.Г., Красиков А.П., Земляничина И.Ю. Иммуномодулирующие свойства бетулина и перспективы его применения в ветеринарной медицине. *Патология продуктивных и непродуктивных животных, рыб и птиц. Сборник научных трудов ВНИИБТЖ СО РАСХН*. Омск. 2011; 179–185. <https://www.elibrary.ru/stopml>
22. Голдырев А.А., Деев Л.Е., Ситников В.А. Бетулин и его влияние на состояние здоровья собак. *Аграрная наука*. 2007; (11): 26–28. <https://www.elibrary.ru/icdtbb>
23. Земляничина И.Ю. Новый экологический препарат «Бетулин» и его применение при микоплазмозе и микоплазмозассоциированной инфекции свиноматок и поросят. *Современные проблемы науки и образования*. 2012; (6): 761. <https://www.elibrary.ru/todvkh>
24. Задорожная М.В., Лыско С.Б., Красиков А.П. Эффективность применения «Бетулина» в птицеводстве. *Ветеринария и кормление*. 2013; (1): 32–34. <https://www.elibrary.ru/rcnued>
25. Задорожная М.В., Лыско С.Б. Гистоморфологические изменения органов иммунной системы цыплят-бройлеров при применении препарата «Бетулин». *Главный зоотехник*. 2023; 7(240): 34–40. <https://www.elibrary.ru/fimehu>
26. Красиков А.П., Алексеева И.Г., Деев Л.Е., Панфилов Р.Ю. Применение «Бетулина» для лечения телят при ассоциативных инфекциях. *Ветеринарная патология*. 2010; 1(32): 49–57. <https://www.elibrary.ru/obmfft>
27. Дерюгина А.В., Ивашченко М.Н., Метелин В.Б., Ковылин Р.С., Игнатьев П.С. Влияние технологического стресса на неспецифическую резистентность организма коров. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2023; 15(3): 26–40. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-3-26-40>
28. Берзина А.Г., Станкова Н.В., Каплун А.П., Буркова А.А., Гамалея Н.Б. Изучение адъювантных свойств наночастиц из экстракта бересты при иммунизации мини-свиней светлогорской популяции. *Биомедицина*. 2021; 17(3Е): 133–138. <https://doi.org/10.33647/2713-0428-17-3E-133-138>
13. Krasikov A.P., Pleshakova V.I., Novitsky A.A., Trofimov I.G., Alexeeva I.G., Leshcheva N.A. The use of herbal preparation “Betulin” in animal husbandry. *Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Natural and technical sciences*. 2017; (12–2): 9–13 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vwagsd>
14. Shrayner A.A., Suntsova O.A., Lysko S.B., Kulakov I.V. Development of new biologically active preparations based on betulin for the needs of the practical veterinary. *Biotechnology in agriculture, industry and medicine. Collection of materials of the Regional scientific and practical conference of young scientists*. Omsk: Omsk State Agrarian University. 2017; 277–282 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vvpwfv>
15. Karamaeva A.S., Zaytsev V.V. Cows’ different breeds natural resistance indicators. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2011; (2): 150–153 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/nebjnt>
16. Sabyr A.E., Aimakov A.O. Technology for obtaining biologically active substances from birch bark. *Food technologies of the future: innovative ideas, scientific research, creative solutions. Collection of materials of the V international scientific and practical youth conference dedicated to the memory of R.D. Polandova*. Moscow: Bely Veter. 2023; 157–159 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vislxi>
17. Vasiliev V.V. Birch bark is a valuable raw material for chemical processing. *Wood boards and plywood: theory and practice. XXVI All-Russian scientific and practical conference*. St. Petersburg: St. Petersburg State Forest Engineering University named after S.M. Kirov. 2023; 48–52 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/kwsekl>
18. Lushkov D.A., Nikonova N.N., Khurshkainen T.V. Isolation of extractive substances from birch bark by emulsion extraction. *Man and the Environment. Collection of reports of the XI All-Russian youth scientific conference*. Syktyvkar: Syktyvkar State University named after Pitirim Sorokin. 2023; 94–98 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ptwmlm>
19. Kulikova N.A. The study of the content of bilirubin in the blood of cattle. *Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik*. 2017; (4–5): 616–618 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zegmkh>
20. Petrenko A.A., Baryshnikov P.I. Use of biogenic medicines of vegetable origin in veterinary medicine. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2024; (3): 62–67 (in Russian). <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2024-233-3-62-67>
21. Alekseeva I.G., Krasikov A.P., Zemlyanitsyna I.Yu. Immunomodulatory properties of betulin and prospects for its use in veterinary medicine. *Pathology of productive and non-productive animals, fish and birds. Collection of scientific papers of the All-Russian Research Institute of Animal Husbandry and Biotechnology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. Omsk. 2011; 179–185 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/stopml>
22. Goldyrev A.A., Deev L.E., Sitnikov V.A. Betulin and its influence on the health of dogs. *Agrarian science*. 2007; (11): 26–28 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/icdtbb>
23. Zemlyanitsyna I.Yu. New ecological preparation betulin and its use in mycoplasmosis and mycoplasmosis-associated infection of sows and piglets. *Modern problems of science and education*. 2012; (6): 761 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/todvkh>
24. Zadorozhnaya M.V., Lysko S.B., Krasikov A.P. Efficiency of “Betulin” application in poultry farming. *Veterinary science and feeding*. 2013; (1): 32–34 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rcnued>
25. Zadorozhnaya M.V., Lysko S.B. Histomorphological changes in the immune system organs of broiler chickens when using the drug “Betulin”. *Chief Livestock Technician*. 2023; 7(240): 34–40 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/fimehu>
26. Krasikov A.P., Alekseeva I.G., Deev L.E., Panfilov R.Yu. Use of “Betulin” for the treatment of calves with associated infections. *Veterinary pathology*. 2010; 1(32): 49–57 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/obmfft>
27. Deryugina A.V., Ivashchenko M.N., Metelin V.B., Kovylin R.S., Ignatiev P.S. Influence of Technological Stress on Nonspecific Resistance of Cows. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2023; 15(3): 26–40 (in Russian). <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-3-26-40>
28. Berzina A.G., Stankova N.V., Kaplun A.P., Burkova A.A., Gamaleya N.B. Investigation of the Adjuvant Properties of Nanoparticles from a Birch Bark Extract Used for Immunization of Mini Pigs of the Svetlogorsk Population. *Journal Biomed*. 2021; 17(3E): 133–138 (in Russian). <https://doi.org/10.33647/27130428-17-3E-133-138>

29. Шляхтун А.Г., Радута Е.Ф., Сутько И.П., Волчкевич О.М., Букша Е.В., Богдевич Е.В. Профилактическое влияние «Бетулина» на развитие сахарного диабета 2-го типа у крыс. *Актуальные вопросы фармакологии и фармакотерапии. Сборник материалов научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора М.В. Кораблёва*. Гродно: Гродненский государственный медицинский университет. 2023; 169–172. <https://www.elibrary.ru/zjrwrc>

30. Мельникова Н.Б. и др. Регуляция липидного метаболизма под действием 1,2,4-триоксоланов и «Бетулина» в условиях гипоксии и иммобилизационного стресса в эксперименте на крысах. *Ученые записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова*. 2023; 30(4): 18–31. <https://doi.org/10.24884/16074181-2023-30-4-81-31>

31. Деч Т.А. Прогнозирование спектра биологической активности бетулина и его окисленных производных. *Наука XXI века: вызовы, становление, развитие: сборник статей IX Международной научно-практической конференции*. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая наука». 2023; 36–40. <https://www.elibrary.ru/bkrbxw>

32. Kemboi D.C. et al. A Review of the Impact of Mycotoxins on Dairy Cattle Health: Challenges for Food Safety and Dairy Production in Sub-Saharan Africa. *Toxins*. 2020; 12(4): 222. <https://doi.org/10.3390/toxins12040222>

33. Ahn J.Y., Kim J., Cheong D.H., Hong H., Jeong J.Y., Kim B.G. An In Vitro Study on the Efficacy of Mycotoxin Sequestering Agents for Aflatoxin B1, Deoxynivalenol, and Zearalenone. *Animals*. 2022; 12(3): 333. <https://doi.org/10.3390/ani12030333>

34. Sulzberger S.A., Melnichenko S., Cardoso F.C. Effects of clay after an aflatoxin challenge on aflatoxin clearance, milk production, and metabolism of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(3): 1856–1869. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11612>

35. Zhang F. et al. Turn-On Fluorescence Aptasensor on Magnetic Nanobeads for Aflatoxin M1 Detection Based on an Exonuclease III-Assisted Signal Amplification Strategy. *Nanomaterials*. 2019; 9(1): 104. <https://doi.org/10.3390/nano9010104>

36. Gao Y., Li S., Wang J., Luo C., Zhao S., Zheng N. Modulation of Intestinal Epithelial Permeability in Differentiated Caco-2 Cells Exposed to Aflatoxin M1 and Ochratoxin A Individually or Collectively. *Toxins*. 2018; 10(1): 13. <https://doi.org/10.3390/toxins10010013>

37. Гнездилова Л.А., Мурадян Ж.Ю., Круглова Ю.С., Розинский С.М. Мониторинг биохимических показателей сыворотки крови телят на фоне применения бетулиносодержащей кормовой добавки. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*. 2025; 20(1): 12–26. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2025-20-1-12-26>

ОБ АВТОРАХ

Лариса Александровна Гнездилова

доктор ветеринарных наук, профессор, заведующая кафедрой диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных lag22004@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1007-34>

Жора Юрикович Мурадян

кандидат биологических наук, доцент zh_muradyan@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2516-7627>

Юлия Сабировна Круглова

кандидат ветеринарных наук, доцент y7272@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2953-0745>

Серафим Михайлович Розинский

ассистент кафедры диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных

ser.roz1@yandex.ru

<https://orcid.org/0009-0001-1937-6919>

Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина, ул. Академика Скрябина, 23, Москва, 109472, Россия

29. Shlyakhtun A.G., Raduta E.F., Sutko I.P., Volchkevich O.M., Buksha E.V., Bogdevich E.V. The preventive effect of "Betulin" on the development of type 2 diabetes in rats. *Actual issues of pharmacology and pharmacotherapy. collection of materials of the scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor M.V. Korablyov*. Grodno: Grodno State Medical University. 2023; 169–172 (in Russian).

<https://www.elibrary.ru/zjrwrc>

30. Melnikova N.B. et al. Regulation of Lipid Metabolism by 1,2,4-Trioxolanes and "Betulin" under Hypoxia and Immobilization Stress in Rats. *The Scientific Notes of Pavlov University*. 2023; 30(4): 18–31 (in Russian).

<https://doi.org/10.24884/1607-4181-2023-30-4-18-31>

31. Dech T.A. Forecasting the spectrum of biological activity of betulin and its oxidized derivatives. *Science of the XXI century: challenges, formation, development: collection of articles of the IX International scientific and practical conference*. Petrozavodsk: International center of scientific partnership "New Science". 2023; 36–40 (in Russian).

32. Kemboi D.C. et al. A Review of the Impact of Mycotoxins on Dairy Cattle Health: Challenges for Food Safety and Dairy Production in Sub-Saharan Africa. *Toxins*. 2020; 12(4): 222. <https://doi.org/10.3390/toxins12040222>

33. Ahn J.Y., Kim J., Cheong D.H., Hong H., Jeong J.Y., Kim B.G. An In Vitro Study on the Efficacy of Mycotoxin Sequestering Agents for Aflatoxin B1, Deoxynivalenol, and Zearalenone. *Animals*. 2022; 12(3): 333. <https://doi.org/10.3390/ani12030333>

34. Sulzberger S.A., Melnichenko S., Cardoso F.C. Effects of clay after an aflatoxin challenge on aflatoxin clearance, milk production, and metabolism of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(3): 1856–1869. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11612>

35. Zhang F. et al. Turn-On Fluorescence Aptasensor on Magnetic Nanobeads for Aflatoxin M1 Detection Based on an Exonuclease III-Assisted Signal Amplification Strategy. *Nanomaterials*. 2019; 9(1): 104. <https://doi.org/10.3390/nano9010104>

36. Gao Y., Li S., Wang J., Luo C., Zhao S., Zheng N. Modulation of Intestinal Epithelial Permeability in Differentiated Caco-2 Cells Exposed to Aflatoxin M1 and Ochratoxin A Individually or Collectively. *Toxins*. 2018; 10(1): 13. <https://doi.org/10.3390/toxins10010013>

37. Gnezdilova L.A., Muradyan Zh.Yu., Kruglova Yu.S., Rozinsky S.M. Monitoring of biochemical parameters of blood serum of calves against the background of the use of betulin-containing feed additive. *Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and Animal Husbandry*. 2025; 20(1): 12–26 (in Russian).

ABOUT THE AUTHORS

Larisa Aleksandrovna Gnezdilova

Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Disease Diagnostics, Therapy, Obstetrics and Animal Reproduction lag22004@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1007-34>

Zhora Yurikovich Muradyan

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor zh_muradyan@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2516-7627>

Yulia Sabirovna Kruglova

Candidate Of Veterinary Sciences, Associate Professor y7272@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2953-0745>

Serafim Mikhailovich Rozinsky

Assistant Professor at the Department of Disease Diagnostics, Therapy, Obstetrics and Animal Reproduction

ser.roz1@yandex.ru

<https://orcid.org/0009-0001-1937-6919>

Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA by K.I. Skryabin,

23 Academician Skryabin Str., Moscow, 109472, Russia