



Перспективы применения кормовой добавки на основе метаболитов *Bacillus subtilis* в молочном животноводстве

С. В. Малков¹, А. С. Красноперов², А. П. Порываева³, О. Ю. Опарина⁴, А. И. Белоусов⁵, А. Н. Бриллиант⁶

ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН), г. Екатеринбург, Россия

¹ <https://orcid.org/0000-0002-1961-4972>, e-mail: aibolit_2001@mail.ru

² <https://orcid.org/0000-0001-5281-803X>, e-mail: marafon.86@list.ru

³ <https://orcid.org/0000-0003-3224-1717>, e-mail: app1709@inbox.ru

⁴ <https://orcid.org/0000-0001-6106-3003>, e-mail: olia91oparina@yandex.ru

⁵ <https://orcid.org/0000-0002-7838-4126>, e-mail: white-knight@mail.ru

⁶ <https://orcid.org/0000-0002-9101-527X>, e-mail: brilliantlev@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты научно-производственного опыта применения кормовой добавки на основе эндо- и экзометаболитов *Bacillus subtilis* коровам в разные физиологические периоды. Изучено ее влияние на функционирование основных систем организма подопытных животных ($n = 30$), показатели молочной продуктивности, интенсивность роста родившихся от них телят ($n = 18$). Коровам из опытных групп вводили в рацион кормовую добавку в дозе 15 г в сутки на 1 голову. Установлено, что кормовая добавка оказывает положительное влияние на нормализацию иммуногематологических и метаболических процессов у коров в послеродовой период. Показатель фагоцитарной активности нейтрофилов у животных 1-й опытной группы увеличился на 12,5%, 2-й опытной группы – на 14,6% по сравнению с контрольной группой ($42,8 \pm 1,9\%$). Поглотительная способность нейтрофилов у особей 1-й опытной группы увеличилась в 2,5 раза, 2-й опытной группы – в 3,2 раза, контрольной группы – в 2,1 раза. Содержание относительного количества Т-лимфоцитов в крови животных 1-й и 2-й опытных групп регистрировали на уровне 44,5 и 48,9% соответственно, у особей контрольной группы данный показатель был равен 37,5%. В послеродовой период отмечали тенденцию к увеличению концентрации общего белка в сыворотке крови коров за счет повышения альбуминовой фракции: в 1-й группе – $72,91 \pm 3,45$ г/л; во 2-й группе – $75,54 \pm 4,12$ г/л; в контрольной группе – $70,95 \pm 4,25$ г/л. Установлено, что за 150 дней лактации среднесуточный удой у коров 1-й группы составил $24,50 \pm 1,86$ кг; 2-й группы – $25,33 \pm 1,45$ кг; контрольной группы – $22,75 \pm 4,41$ кг. Зарегистрирована более высокая интенсивность роста телят, рожденных от коров, которым в основной рацион вводили кормовую добавку. Телочки 1-й и 2-й опытных групп за 6 мес. достигли живой массы тела, равной $193,51 \pm 5,76$ и $195,33 \pm 3,76$ кг, а особи контрольной – $187,33 \pm 4,98$ кг. В целях реализации задачи по созданию высокопродуктивного молочного стада и сохранения биологического благополучия сельскохозяйственных животных-производителей кормовая добавка на основе комплекса эндо- и экзометаболитов *Bacillus subtilis* рекомендована к применению в рационах кормления коров.

Ключевые слова: молочное животноводство, кормовая добавка, *Bacillus subtilis*, иммуногематология, биохимия, среднесуточный прирост живой массы тела

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг. по направлению «Молекулярно-биологические и нанобиотехнологические методы создания биопрепаратов нового поколения, технологии и способы их применения с целью борьбы с особо опасными инфекционными, паразитарными и незаразными болезнями животных».

Для цитирования: Малков С. В., Красноперов А. С., Порываева А. П., Опарина О. Ю., Белоусов А. И., Бриллиант А. Н. Перспективы применения кормовой добавки на основе метаболитов *Bacillus subtilis* в молочном животноводстве. *Ветеринария сегодня*. 2021; 10 (4): 342–348. DOI: 10.29326/2304-196X-2021-10-4-342-348.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Красноперов Александр Сергеевич, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунологии и патобиохимии ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, 620142, Россия, г. Екатеринбург, ул. Белинского, 112а, e-mail: marafon.86@list.ru.

Prospects for the use of a *Bacillus subtilis* metabolites-based feed additive in dairy farming

S. V. Malkov¹, A. S. Krasnoperov², A. P. Poryvaeva³, O. Yu. Oparina⁴, A. I. Belousov⁵, A. N. Brilliant⁶

Federal State Budgetary Scientific Institution "Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences" (FSBSI UrFASRC, UrB of RAS), Ekaterinburg, Russia

¹ ORCID 0000-0002-1961-4972, e-mail: aibolit_2001@mail.ru

² ORCID 0000-0001-5281-803X, e-mail: marafon.86@list.ru

³ ORCID 0000-0003-3224-1717, e-mail: app1709@inbox.ru

⁴ ORCID 0000-0001-6106-3003, e-mail: olia91oparina@yandex.ru

⁵ ORCID 0000-0002-7838-4126, e-mail: white-knight@mail.ru

⁶ ORCID 0000-0002-9101-527X, e-mail: brilliantlev@gmail.com

SUMMARY

Laboratory and field experiment on use of the feed additive based on *Bacillus subtilis* endo- and exometabolites for the cows in different physiological periods are described in the paper. The feed additive impact on main body systems of the tested cows ($n = 30$), milk production parameters, growth rate of the calves ($n = 18$) born to the said cows were examined. The feed additive was added to the diets for the cows of test groups, 15 g per cow. The feed additive was found to have a positive effect on immunohematological and metabolic processes in postpartum cows. Neutrophils' phagocytic activity increased by 12.5% and 14.6% in the animals of test group 1 and test group 2, respectively, as compared to that one in control animals ($42.8 \pm 1.9\%$). Neutrophil absorbency increased by 2.5 times, 3.2 times and 2.1 times in the animals of test group 1, test group 2 and control group, respectively. The proportion of T-lymphocytes in blood of animals in test group 1 and test group 2 was 44.5 and 48.9%, respectively, proportion of T-lymphocytes in blood of control animals equaled to 37.5%. Trend for increase in total protein concentration in cow sera owing to increase in albumin fraction was observed in postpartum period: it was 72.91 ± 3.45 g/l in test group 1; 75.54 ± 4.12 g/l in test group 2; 70.95 ± 4.25 g/l in control group. Average daily milk yield in cows of test group 1, test group 2 and control group for the 150 days of lactation was 24.50 ± 1.86 kg; 25.33 ± 1.45 kg and 22.75 ± 4.41 kg, respectively. Higher growth rate was reported for the calves born to the cows received the diet supplemented with the said feed additive. Heifers of test group 1 and test group 2 have reached body weight of 193.51 ± 5.76 and 195.33 ± 3.76 kg and in control group – of 187.33 ± 4.98 kg within 6 months. Feed additive based on endo- and exometabolites of *Bacillus subtilis* is recommended for cow diets for highly productive dairy herd creation and food-producing animal welfare maintenance.

Keywords: dairy farming, feed additive, *Bacillus subtilis*, immunohematology, biochemistry daily body weight gain

Acknowledgements: The studies were performed with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the Program of Fundamental Research at the State Scientific Academies for 2013–2020 using "Molecular, Biological and Nanobiotechnological Techniques for the Development of Next Generation Biologicals, Technologies and Methods of Their Use to Control Highly Dangerous Infectious, Parasitic and Non-Contagious Animal Diseases".

For citation: Malkov S. V., Krasnoperov A. S., Poryvaeva A. P., Oparina O. Yu., Belousov A. I., Brilliant A. N. Prospects for the use of a *Bacillus subtilis* metabolites-based feed additive in dairy farming. *Veterinary Science Today*. 2021; 10 (4): 342–348. DOI: 10.29326/2304-196X-2021-10-4-342-348.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

For correspondence: Alexander S. Krasnoperov, Candidate of Science (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Laboratory of Immunology and Pathobiochemistry, FSBSI UrFASRC, UrB of RAS, 620142, Russia, Ekaterinburg, ul. Belinsky, 112a, e-mail: marafon.86@list.ru.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отечественное молочное скотоводство является одной из динамично развивающихся отраслей сельского хозяйства Российской Федерации. Развитие, совершенствование и экономическая эффективность данного направления животноводства в части удовлетворения населения страны молочными продуктами должны обеспечиваться в большей степени за счет оптимизации механизмов государственной поддержки, привлечения инвестиций, повышения технологичности и увеличения продуктивности стада [1, 2]. Основным путем наращивания объемов производства молока является рациональное использование животных с генетическим потенциалом мирового уровня и выращивание коров высокопродуктивных молочных пород, разработка и применение физиологически адекватных, экономически обоснованных схем кормопроизводства и полноценного кормления [3, 4].

Вследствие сокращения поголовья молочного скота в нашей стране все более актуальной становится задача увеличения объемов молока собственного производства за счет повышения продуктивности животных

и создания условий для реализации их генетического потенциала. В то же время определение показателей безопасности молока и молочной продукции остается актуальным вопросом для сохранения здоровья населения страны.

Планомерное развитие молочного животноводства неразрывно связано с разработкой систем повышения продуктивности и охраной здоровья животных. С этой целью используются всевозможные методы, включающие применение различных препаратов, не всегда безопасных в экологическом отношении. Поэтому все чаще внедряются биотехнологические методы и средства модернизации животноводства, особенно с применением новых кормовых добавок, разработанных на основе пребиотиков и метабиотиков [5, 6]. Метабиотические кормовые добавки содержат метаболиты, или структурные компоненты пробиотических микроорганизмов. Метабиотики избирательно стимулируют рост и биологическую активность микроорганизмов нормальной кишечной микрофлоры. Они нацелены на нормализацию работы пищеварительного тракта, оказывая стабилизирующее влияние на микробиоту и поддерживая эубиоз, оптимизируют процессы

Таблица 1
Схема научно-производственного опыта на коровах

Table 1
Design of scientific and production experiment in cows

Группа животных	Схема опыта
1-я опытная (n = 10)	Основной рацион + 15 г кормовой добавки каждой корове на протяжении 14 сут до отела
2-я опытная (n = 10)	Основной рацион + 15 г кормовой добавки каждой корове на протяжении 14 сут до отела и 14 сут после отела
Контрольная (n = 10)	Основной рацион

метаболизма и иммунитета, что в конечном итоге должно приводить к повышению продуктивного потенциала и улучшению качества продукции [6–8].

Важной задачей для исследователей и разработчиков биотехнологической отрасли является создание и внедрение новых отечественных кормовых добавок на основе метаболитов бактериальных клеток, способных обеспечивать управляемый микробиоценоз кишечника, не вступая в конфликт с его собственной микробиотой, технологичных в производстве и стабильных при хранении [6, 7, 9].

Целью исследования было изучение в условиях научно-производственного эксперимента воздействия кормовой добавки на основе эндо- и экзометаболитов *Bacillus subtilis* на функционирование основных систем организма коров, их молочную продуктивность и интенсивность прироста живой массы их потомства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены в лаборатории иммунологии и патобиохимии Уральского научно-исследовательского ветеринарного института ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН и в одной из сельскохозяйственных организаций Уральского федерального округа в весенне-летний и летне-осенний периоды 2019 г.

Объект исследования: коровы черно-пестрой породы 2–3-й лактации с кровностью по голштинской породе 75% и выше (n = 30) и рожденные от них телочки (n = 18).

В состав изучаемой кормовой добавки входил комплекс эндо- и экзометаболитов бактериальных клеток *Bacillus subtilis* (протеины, аминокислоты, ферменты,

антибиотические вещества, структурные компоненты разрушенных бактериальных клеток и др.).

Группы животных для проведения научно-производственного опыта формировали по принципу аналогов: две опытные и одна контрольная по 10 коров в каждой идентичного физиологического состояния – позднего сухостойного периода. Все животные были клинически здоровы, содержались в одном животноводческом помещении на основном рационе, принятом в сельскохозяйственной организации. Коровам в обеих опытных группах дополнительно к основному рациону индивидуально скармливали исследуемую кормовую добавку. Временной отрезок применения кормовой добавки (14 сут до и после отела) был определен исходя из периода максимальной метаболической нагрузки на организм животных [10]. Схема исследований отражена в таблице 1.

Наблюдение за физиологическим состоянием коров осуществляли ежедневно в течение 150 сут. Начиная с 15-го дня после отела проводили ежемесячные контрольные дойки для учета объемов молочной продуктивности. Объем массовой доли жира в молоке определяли на автоматическом анализаторе «Комбифосс FT+» (Foss, Дания).

Забор крови для лабораторных исследований проводили в вакуумные пробирки трижды: в день после отела (фон), через 14 и 28 сут в утренние часы до кормления.

Эксперименты на животных проводили в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации (2000 г.) и Директивы Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/EU от 22.09.2010 о защите животных, используемых в научных целях.

Морфологический состав крови определяли на анализаторе Abacus Junior Vet (Diatron, Австрия), применяя стандартные реактивы (Diatron, Австрия); лейкоцитарную формулу подсчитывали в мазках крови, окрашенных по Романовскому-Гимзе (300 клеток на мазок) на микроскопе Olympus BX 43 (Olympus, Япония). Иммунологические исследования крови включали определение относительного содержания Т- и В-лимфоцитов, индекса Т/В, фагоцитарного индекса (ФИ), фагоцитарной активности (ФА) нейтрофилов и моноцитов по методике П. Н. Смирнова и соавт. (2007) [11]. Учет реакций проводили на микроскопе бинокулярном МС 100 (XP) (Micros, Австрия). Биохимические исследования осуществляли на анализаторе Chem Well-2910

Таблица 2
Схема исследования прироста живой массы телят

Table 2
Design of tests of calves for body weight gains

Группа животных	Характеристика животных	Кормление			Периодичность индивидуальных взвешиваний
		1–5-й день	6–15-й день	16-й день и далее	
1-я опытная (n = 6)	Телочки, рожденные от коров из 1-й опытной группы	Индивидуально от коров-матерей дочерям трехкратное выпаивание молозива	Индивидуально от коров-матерей дочерям выпаивание молока	Сборное цельное молоко и основной рацион для молодняка	При рождении, в 1 мес., в 2 мес., в 3 мес., в 4 мес., в 5 мес., в 6 мес.
2-я опытная (n = 6)	Телочки, рожденные от коров из 2-й опытной группы				
Контрольная (n = 6)	Телочки, рожденные от коров из контрольной группы				

Combi (Awaveness Technology, США) с применением оригинальных наборов реактивов (Vital Diagnostics SPb, Россия; DIALAB GmbH, Австрия), используя турбометрические, кинетические и колориметрические методы. Достоверность выполненных измерений подтверждена контрольными материалами, рекомендованными производителями реактивов.

Для оценки интенсивности прироста живой массы потомства, родившегося от участвовавших в научно-производственном опыте коров-матерей, были сформированы три группы телочек. Схема исследований отражена в таблице 2.

Для всех показателей рассчитывали среднее арифметическое значение и стандартное отклонение, которые представляли как $\bar{x} \pm s.d.$ Расчеты и графические построения выполнены в пакетах PAST (version 4.05) и MS Excel 2016.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты фоновых исследований основных морфологических градиентов крови у коров опытных и контрольной групп показали соответствие нормативным значениям послеродового периода без существенных межгрупповых различий. При исследовании образцов крови коров через 14 и 28 сут после отела наблюдали вариабельность показателей количества эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов, лимфоцитов, тромбоцитов, которые не выходили за границы диапазона показателей нормы. Динамика изменения гематологических показателей соответствовала процессам нормализации гемопоэза у коров в послеродовой период. Полученные в эксперименте данные согласуются с работами других исследователей [12, 13].

Анализ данных о состоянии клеточного звена иммунитета показал, что к 28 сут опыта возростала функциональная активность клеток моноцитарно-макрофагального звена, о чем свидетельствовало увеличение поглотительной способности фагоцитирующих клеток. Показатель фагоцитарной активности нейтрофилов у животных опытных групп увеличился на 12,5% (1-я группа, ФА $55,32 \pm 1,31\%$) и 14,6% (2-я группа, ФА $57,44 \pm 1,72\%$) по сравнению с таковым у особей контрольной группы (ФА $42,80 \pm 1,91\%$). При этом поглотительная способность (ФИ) нейтрофилов активизировалась у животных всех групп, но амплитуда нарастания была различной. У особей 1-й опытной группы ФИ увеличился в 2,5 раза по сравнению с фоновым значением и составил в среднем по группе $9,61 \pm 0,54$ у. е. У животных 2-й опытной группы ФИ увеличился в 3,2 раза ($11,82 \pm 1,14$ у. е.), контрольной группы – в 2,1 раза ($8,21 \pm 0,76$ у. е.). Содержание относительного количества Т-лимфоцитов в крови животных 1-й и 2-й опытных групп регистрировали на уровне 44,5 и 48,9%, что соответствовало нормативным физиологическим показателям (40–60%). У коров контрольной группы относительное количество Т-лимфоцитов составляло 37,5%.

Соотношение Т/В-лимфоцитов у особей 1-й и 2-й опытных групп, равное $1,51 \pm 0,12$ и $2,22 \pm 0,09$ у. е. соответственно, свидетельствовало о балансе в системе клеточного и гуморального звена иммунитета. У животных контрольной группы к 28 сут опыта отмечали некоторое превалирование гуморального звена иммунной системы – соотношение Т/В-лимфоцитов составило $1,39 \pm 0,07$ у. е.

Таким образом, можно предположить, что применение кормовой добавки оказало опосредованное положительное влияние на процессы нормализации гемопоэза и стабилизации уровня естественной резистентности организма у коров в послеродовой период.

При анализе динамики изменения биохимических показателей у коров из всех групп после отела наблюдали тенденцию к увеличению содержания общего белка в сыворотке крови за счет повышения альбуминовой фракции. Концентрация общего белка к 28 сут опыта у коров 1-й группы составила $72,91 \pm 3,45$ г/л; 2-й группы – $75,54 \pm 4,12$ г/л; контрольной группы – $70,95 \pm 4,25$ г/л (рис. 1).

При оценке состояния липидного обмена на протяжении опыта у коров всех групп регистрировали незначительные колебания содержания холестерина и триглицеридов, которые не выходили за границы диапазона референсных значений. Так, содержание холестерина у коров не превышало 3,2 ммоль/л, а количество триглицеридов находилось в диапазоне 0,2–0,3 ммоль/л.

Не менее важным является тот факт, что показатели ферментативной активности щелочной фосфатазы у коров опытных групп имели положительные значения. К 28 сут эксперимента уровень щелочной фосфатазы у животных 1-й опытной группы был на 20,56%, а 2-й группы – на 29,46% ниже по сравнению с контрольной группой. Показатель активности аспарат-аминотрансферазы (АсАТ) у животных всех групп находился в границах диапазона нормативных значений. Выявленные изменения указывали на общее снижение токсической нагрузки на гепатобилиарную систему животных в послеродовой период.

Интенсивность минерального обмена определяли по динамике изменения содержания кальция и фосфора в сыворотке крови коров. Так, кумуляция этих элементов в сыворотке крови у животных 1-й и 2-й опытных групп была выше, чем у контрольных особей в среднем на 5,66 и 6,67% (рис. 1).

Можно предположить, что вариабельность отдельных иммунобиохимических показателей крови у коров опытных групп была вызвана опосредованным позитивным действием кормовой добавки, что согласуется с результатами ряда исследователей [2, 12].

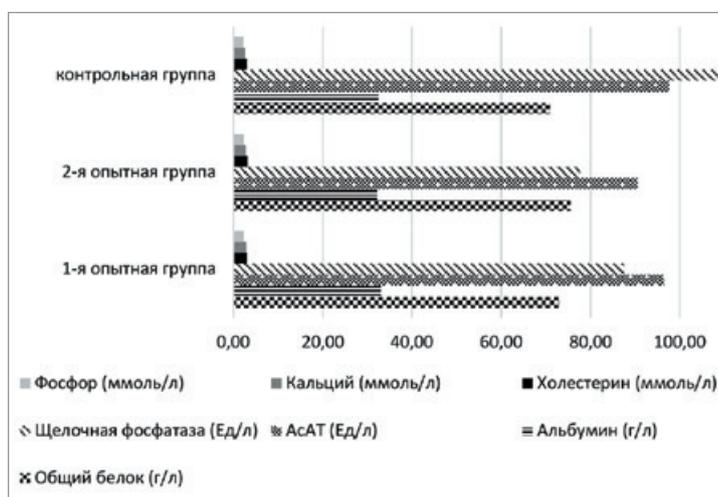


Рис. 1. Биохимические показатели на 28-е сутки исследований
Fig. 1. Biochemical parameters on day 28 of experiment

Кроме того, следует отметить положительное действие добавки на накопление значительного уровня энергии, необходимого животным для поддержания здоровья и продуктивности. Этот факт подтверждается полученными данными молочной продуктивности коров на протяжении опытного периода.

На рисунке 2 представлены графические данные молочной продуктивности по всем группам животных. Наивысшие значения удоев были зарегистрированы к 90-му дню лактации. Среднесуточные удои молока у животных 1-й опытной группы составили $28,70 \pm 2,65$ кг, 2-й группы – $32,17 \pm 1,92$ кг, контрольной – $27,90 \pm 3,24$ кг.

К окончанию эксперимента были зарегистрированы следующие показатели среднесуточных удоев: у коров 1-й опытной группы – $24,50 \pm 1,86$ кг; 2-й группы – $25,33 \pm 1,45$ кг; контрольной – $22,75 \pm 4,41$ кг.

В течение всего опытного периода, начиная со второго месяца после отела, сохранялось превосходство синтеза молочной продукции коровами, в рацион которых была введена кормовая добавка, по сравнению с продуктивностью особей контрольной группы.

Важным критерием оценки качества молока является содержание массовой доли белка. На протяжении исследования регистрировали изменчивость содержания массовой доли белка в интервале 2,85–3,38%. В среднем значение этого показателя в течение экс-

перимента в контрольной группе составило 3,01%, в 1-й опытной группе – 3,03%, во 2-й опытной группе – 3,27%, что доказывает положительное влияние кормовой добавки на качество молока.

В условиях современных технологий, внедряемых в молочном животноводстве, актуальным остается контролируемое выращивание ремонтных телок с возможностью дальнейшего получения высокопродуктивных коров. Этого можно достичь при условии повышения интенсивности прироста живой массы молодняка, которая непосредственно связана с будущей молочной продуктивностью [14].

В связи с этим определяли среднесуточные приросты живой массы будущих ремонтных телок, полученных от коров, которым скармливали кормовую добавку (рис. 3).

При одинаковых условиях кормления и содержания телята, рожденные от коров, получавших в сухостойный и послеродовой период кормовую добавку, развивались более интенсивно в первые два месяца жизни. Средняя живая масса новорожденных телят, полученных от коров как опытных, так и контрольной групп, составляла $37,91 \pm 1,24$ кг. В дальнейшем более высокую скорость прироста живой массы тела регистрировали у телочек, рожденных от коров-матерей, которым в основной рацион вводили кормовую добавку. Так, телочки 1-й и 2-й опытных групп за 6 мес. достигли живой массы тела, равной $193,51 \pm 5,76$ и $195,33 \pm 3,76$ кг, а особи контрольной группы – $187,33 \pm 4,98$ кг.

Увеличение привесов у животных в опытных группах по сравнению с контрольной наблюдали на всем протяжении опыта, что подтверждает положительное влияние кормовой добавки на интенсивность роста молодняка.

Доказано, что первые шесть месяцев жизни наиболее важные для развития и функциональной настройки работоспособности внутренних органов, выработки способности усваивать питательные вещества из разных компонентов корма, что опосредованно влияет на будущую молочную продуктивность и интенсивность роста животного [15, 16]. Полученные данные могут быть объяснены тем, что в результате применения кормовой добавки происходила нормализация обмена веществ в организме коров-матерей, у них легче проходили отелы, телята рождались более жизнеспособными, менее подверженными заболеваниям и более эффективно использующими питательные вещества рациона. Результаты исследования согласуются с данными ряда авторов [17–19].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях научно-производственного опыта была показана перспективность применения кормовой добавки на основе комплекса метаболитов *Bacillus subtilis* в молочном животноводстве. Установлено положительное действие данной кормовой добавки на гемопозитические и метаболические процессы у коров. Так, вне зависимости от схемы применения исследуемой кормовой добавки у подопытных животных в послеродовом периоде восстановление и стабилизация иммуногематологических и биохимических параметров крови завершалась к 25–28-м сут. Показатели белкового, липидного и минерального обменов у коров опытных групп находились на уровне верхней границы нормы. При анализе метаболических маркеров, характеризую-

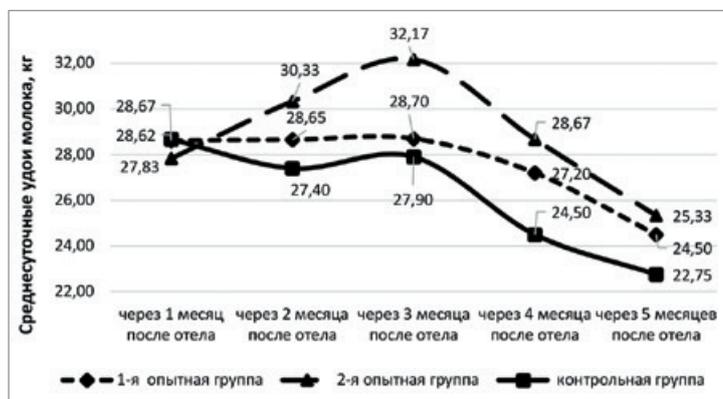


Рис. 2. Динамика среднесуточных удоев в период опыта (кг)

Fig. 2. Dynamics of daily milk yields (kg) during the experiment

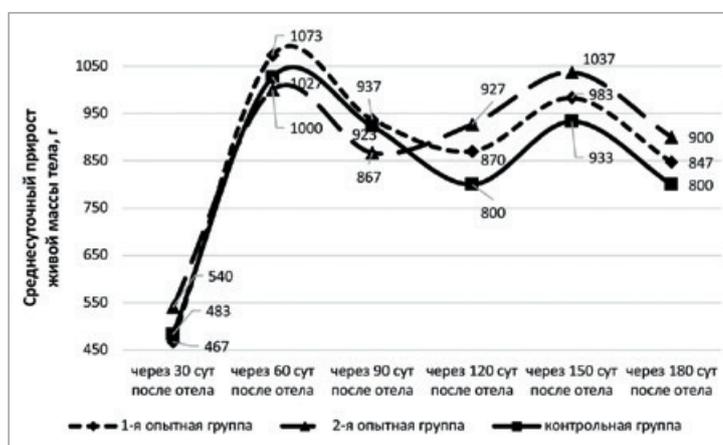


Рис. 3. Динамика среднесуточного прироста живой массы телок (г)

Fig. 3. Dynamics of daily body weight gains (g) calves

щих состоянии гепатобилиарной системы, установлено, что уровень токсической нагрузки на паренхиматозные органы у животных опытных групп к 28-м сут был минимален.

Исследуемая кормовая добавка на основе комплекса метаболитов *Bacillus subtilis* оказывает пролонгированное корригирующее действие на эубиоз кишечника коров, что выражается в эффективной усвояемости питательных веществ рациона и их перевариваемости. Подтверждением этого служили показатели молочной продуктивности животных: среднесуточные удои у коров 1-й и 2-й опытных групп составляли $24,50 \pm 1,86$ и $25,33 \pm 1,45$ кг соответственно, а у животных контрольной группы – $22,75 \pm 4,41$ кг.

Выпаивание молозива и молока от коров-матерей, получавших кормовую добавку, телочкам-дочерям оказывало положительное влияние на скорость роста молодняка (среднесуточный прирост живой массы тела в 1-й группе – 862 г, во 2-й группе – 878 г; средняя живая масса тела теленка к 6 мес. в 1-й группе – $193,51 \pm 5,76$ кг, во 2-й группе – $195,33 \pm 3,76$ кг).

В целях реализации задачи по созданию высокопродуктивного молочного стада и сохранения биологического благополучия сельскохозяйственных животных-продуцентов рекомендуем применение кормовой добавки на основе комплекса эндо- и экзометаболитов *Bacillus subtilis* в рационах кормления коров: 1) в поздний сухостойный период – в течение 14 дней до отела в дозе 15 г/гол.; 2) для профилактики метаболических нарушений, коррекции общей резистентности организма и повышения продуктивности в послеродовой период – в течение 14 дней после отела в дозе 15 г/гол.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Столярова О. А., Столярова Ю. В. Совершенствование государственной поддержки молочного скотоводства региона. *Региональная экономика: теория и практика*. 2017; 15 (6): 1148–1161. DOI: 10.24891/re.15.6.1148.
2. Белоусов А. И., Соколова О. В., Беспамятных Е. Н. Применение биохимического скрининга при оценке продуктивного здоровья высокопродуктивных коров в Свердловской области. *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2018; 4: 278–280. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2018.4.278.
3. Горелик В. С., Таирова А. Р., Харлап С. Ю. Эффективность использования препаратов хитозана в молочном скотоводстве. *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2016; 2: 17–22. Режим доступа: <https://panor.ru/articles/effektivnost-ispolzovaniya-preparatov-khitozana-v-molochnom-skotovodstve/68596.html>.
4. Субботина Н. А., Морозова Л. А., Миколайчик И. Н. Раздой коров на рационах, обогащенных кормовой добавкой «Мегалак». *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2016; 8: 39–46. Режим доступа: <https://panor.ru/articles/razdoy-korov-na-ratsionakh-obogashchennykh-kormovoy-dobavkoy-megalak/69441.html>.
5. Suresh G., Cabezudo I., Pulicharla R., Cuprys A., Rouissi T., Brar S. K. Biodegradation of aflatoxin B₁ with cell-free extracts of *Trametes versicolor* and *Bacillus subtilis*. *Res. Vet. Sci.* 2020; 133: 85–91. DOI: 10.1016/j.rvsc.2020.09.009.
6. Ардатовская М. Д., Столярова Л. Г., Архипова Е. В., Филимонова О. Ю. Метабиотики как естественное развитие пробиотической концепции. *Трудный пациент*. 2017; 15 (6–7): 35–39. Режим доступа: <https://t-pacient.ru/articles/9652>.
7. Плотникова Е. Ю., Грачева Т. Ю. Метабиотики – комплексное решение дисбиотических проблем при различных заболеваниях. *РМЖ*. 2018; 26 (5–2): 72–76. Режим доступа: https://www.rmj.ru/articles/pediatrya/Metabiotiki_kompleksnoe_reshenie_disbioticheskikh_problemy_pri_razlichnyh_zabolevaniyah/.
8. Червинец Ю. В., Червинец В. М., Шендеров Б. А. Современные представления о биотехнологическом потенциале симбиотической микробиоты человека. *Верхневолжский медицинский журнал*. 2018; 17 (1): 19–26. Режим доступа: <http://medjournal.tvergma.ru/id/eprint/355>.
9. Яковенко Э. П., Агафонова Н. А., Яковенко А. В., Иванов А. Н., Солянова И. П. Антибиотики, пребиотики, пробиотики, метабиотики при

избыточном бактериальном росте в тонкой кишке. *Трудный пациент*. 2018; 16 (4): 16–22. Режим доступа: <https://t-pacient.ru/articles/9836/>.

10. Фомичев Ю. П., Гусев И. В., Сулима Н. Н., Ермаков И. Ю. Влияние энергетических кормовых добавок на метаболическое здоровье и продуктивность молочных коров. *Кормопроизводство*. 2018; 1: 40–48. DOI: 10.25685/KRM.2018.2018.9953.

11. Панель наиболее информативных тестов для оценки резистентности животных: методические рекомендации. Сост. П. Н. Смирнов и др. Новосибирск; 2007; 37 с. eLIBRARY ID: 19495039.

12. Чабаяев М. Г., Некрасов Р. В., Кумарин С. В., Зеленченкова А. А., Виноградов В. Н., Савушкин В. А., и др. Влияние скармливания пробиотиков на основе спорообразующих бактерий на продуктивность и обмен веществ у телят-молочников и новотельных коров. *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2016; 2: 55–65. Режим доступа: <http://bifip.ru/zhurnal/arkhiv/item/vliyanie-skarmlivaniya-probiotikov-na-osnove-sporoobrazuyushchikh-bakterij-na-produktivnost-i-obmen-veshchestv-u-tyelat-molochnikov-i-novotelnykh-korov>.

13. Расторгуева С. Л., Ибишов Д. Ф., Осипов А. П. Исследование комплексного влияния Витадаптина, Гувитана-С и Гермивита на абсолютное содержание лейкоцитов, лимфоцитов и нейтрофилов в периферической крови сухостойных коров. *Пермский аграрный вестник*. 2019; 2 (26): 136–142. Режим доступа: http://agrovost.psa.ru/wp-content/uploads/2019/08/agrar_vest-2-26.pdf.

14. Некрасов Р. В., Чабаяев М. Г., Зеленченкова А. А., Сулова И. А., Карташов М. И., Роговский С. В. Продуктивность крупного рогатого скота при обогащении рационов пробиотическим препаратом. *Молочное и мясное скотоводство*. 2016; 7: 19–22. eLIBRARY ID: 28091505.

15. Шацких Е. В., Бармина И. П. Молочная продуктивность коров голштинской черно-пестрой породы американской селекции в условиях Среднего Урала. *Главный зоотехник*. 2016; 11: 3–8. eLIBRARY ID: 27277510.

16. Любимов А. И., Азимова Г. В., Малков А. Н. Применение препарата «Ветом 1.1» в профилактике диареи телят. *Аграрная Россия*. 2016; 5: 8–9. DOI: 10.30906/1999-5636-2016-5-8-9.

17. Плешков В. А. Пробиотическая кормовая добавка «Бацелл-М» в рационе телят. *Достижения науки и техники АПК*. 2018; 32 (12): 53–54. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11215.

18. Плешков В. А., Смоловская О. В., Коробейникова Л. Н. Эффективность применения пробиотиков «Моноспорин» и «Бацелл» в рационах телят. *Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы: материалы II Национальной научно-практической конференции (5 июля 2019 г.)*. Кемерово: Кузбасская ГСХА; 2019; 28–31. Режим доступа: <http://www.ksai.ru/upload/files/sborniki/other/2019/Sbornik%20конференции.pdf>.

19. Magomedaliev I. M., Nekrasov R. V., Chabaev M. G., Dzhevakhya V. V., Glagoleva E. V., Kartashov M. I., et al. Use of different concentrations of enzymesporin probiotic in feeding of growing young pigs. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019; 9 (4): 704–708. DOI: 10.15421/2019_813.

REFERENCES

1. Stolyarova O. A., Stolyarova Yu. V. Improving public support of dairy cattle breeding in the region. *Regional Economics: Theory and Practice*. 2017; 15 (6): 1148–1161. DOI: 10.24891/re.15.6.1148. (in Russ.)
2. Belousov A. I., Sokolova O. V., Bepamyatnykh E. N. The use of biochemical screening in assessing the productive health of high-yielding cows in the Sverdlovsk Region. *Issues of Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2018; 4: 278–280. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2018.4.278. (in Russ.)
3. Gorelik V. S., Tairova A. R., Kharlap S. Y. The effectiveness of the use of drugs of Chitosan in dairy cattle breeding. *Feeding of agricultural animals and feed production*. 2016; 2: 17–22. Available at: <https://panor.ru/articles/effektivnost-ispolzovaniya-preparatov-khitozana-v-molochnom-skotovodstve/68596.html>. (in Russ.)
4. Subbotina N. A., Morozova L. A., Mikolaychik I. N. Increasing the milk yield of cows on rations enriched by feed additive Megalac. *Feeding of agricultural animals and feed production*. 2016; 8: 39–46. Available at: <https://panor.ru/articles/razdoy-korov-na-ratsionakh-obogashchennykh-kormovoy-dobavkoy-megalak/69441.html>. (in Russ.)
5. Suresh G., Cabezudo I., Pulicharla R., Cuprys A., Rouissi T., Brar S. K. Biodegradation of aflatoxin B₁ with cell-free extracts of *Trametes versicolor* and *Bacillus subtilis*. *Res. Vet. Sci.* 2020; 133: 85–91. DOI: 10.1016/j.rvsc.2020.09.009.
6. Ardatskaya M., Stolyarova L., Arkhipova E., Filimonova O. Yu. Metabiotics as a natural development of a probiotic concept. *Difficult Patient*. 2017; 15 (6–7): 35–39. Available at: <https://t-pacient.ru/articles/9652>. (in Russ.)
7. Plotnikova E. Yu., Gracheva T. Yu. Metabiotics – the complex solution of dysbiotic problems at various diseases. *RMJ*. 2018; 26 (5–2): 72–76. Available at: https://www.rmj.ru/articles/pediatrya/Metabiotiki_kompleksnoe_reshenie_disbioticheskikh_problemy_pri_razlichnyh_zabolevaniyah/ (in Russ.)

8. Chervinets Yu. V., Chervinets V. M., Shenderov B.A. Modern concept on the biotechnological potential of symbiotic human microbiota. *Upper Volga Medical Journal*. 2018; 17 (1): 19–26. Available at: <http://medjournal.tvergma.ru/id/eprint/355>. (in Russ.)
9. Yakovenko E. P., Agafonova N. A., Yakovenko A. V., Ivanov A. N., Soluyanova I. P. Antibiotics, prebiotics, probiotics, metabiotics in the therapy of small intestinal bacterial overgrowth. *Difficult Patient*. 2018; 16 (4): 16–22. Available at: <https://t-patient.ru/articles/9836/>. (in Russ.)
10. Fomichev Yu. P., Gusev I. V., Sulima N. N., Ermakov I. Yu. Effectiveness of feed additives on cow metabolism and milk productivity. *Fodder Journal*. 2018; 1: 40–48. DOI: 10.25685/KRM.2018.2018.9953. (in Russ.)
11. Panel' naibolee informativnykh testov dlya otsenki rezistentnosti zhivotnykh: metodicheskie rekomendatsii = Panel of the most informative tests of animals for resistance: methodical guidelines. Prepared by P. N. Smirnov, et al. Novosibirsk; 2007; 37 p. eLIBRARY ID: 19495039. (in Russ.)
12. Chabaev M. G., Nekrasov R. V., Kumarin S. V., Zelenchenkova A. A., Vinogradov V. N., Savushkin V. A., et al. Effect of feeding probiotics on the basis of spore-forming bacteria on metabolism and productive traits in milky calves and calved cows. *Problems of Productive Animal Biology*. 2016; 2: 55–65. Available at: <http://bifip.ru/zhurnal/arkhiv/item/vliyanie-skarm-livaniya-probiotikov-na-osnove-sporoobrazuyushchikh-bakterij-na-produktivnost-i-obmen-veshchestv-u-telyat-molochnikov-i-novotelnykh-korov>. (in Russ.)
13. Rastorguyeva S. L., Ibishov D. F., Osipov A. P. Integrated effect of the Vitadapin, the Guvitan-C, and the Germiviti on the absolute level of leukocytes, lymphocytes, and neutrophils in the peripheral blood of dry cows. *Perm Agrarian Journal*. 2019; 2 (26): 136–142. Available at: http://agrovest.psa.ru/wp-content/uploads/2019/08/agrar_vest-2-26.pdf. (in Russ.)
14. Nekrasov R. V., Chabaev M. G., Zelenchenkova A. A., Suslova I. A., Kartashov M. I., Rogovskiy S. V. Productivity cattle at enrichment diets probiotic. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2016; 7: 19–22. eLIBRARY ID: 28091505. (in Russ.)
15. Shatskikh E., Barmina I. The milk productivity of cows of holstein black-and-white breed of american selection under conditions of middle Urals. *Glavnyi zootekhnik*. 2016; 11: 3–8. eLIBRARY ID: 27277510. (in Russ.)
16. Lyubimov A. I., Asimova G. V., Malkov A. N. Use of the drug "Vetom 1.1" in the prevention of diarrhea in calves. *Agrarnaya Rossiya*. 2016; 5: 8–9. DOI: 10.30906/1999-5636-2016-5-8-9. (in Russ.)
17. Pleshkov V. A. Probiotic feed additive "Bacell-M" in the diet of calves. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2018; 32 (12): 53–54. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11215. (in Russ.)
18. Pleshkov V. A., Smolovskaya O. V., Korobeynikova L. N. The effectiveness of the use of probiotics "Monosporin" and "Bacell" in calves rations. *Aktual'nye nauchno-tehnicheskie sredstva i sel'skokhozyaistvennyye problemy: materialy II natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Current scientific and technical tools and agricultural challenges: Proceeding of the II National Scientific and Practical Conference (July 5, 2019)*. Kemerovo: Kuzbasskaya GSKhA; 2019; 28–31. Available at: <http://www.ksai.ru/upload/files/sborniki/other/2019/Sbornik%20конференции.pdf>. (in Russ.)
19. Magomedaliyev I. M., Nekrasov R. V., Chabaev M. G., Dzhavakhiya V. V., Glagoleva E. V., Kartashov M. I., et al. Use of different concentrations of enzymesporin probiotic in feeding of growing young pigs. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019; 9 (4): 704–708. DOI: 10.15421/2019_813.

Поступила в редакцию / Received 02.07.2021

Поступила после рецензирования / Revised 26.07.2021

Принята к публикации / Accepted 09.08.2021

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Малков Сергей Витальевич, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунологии и патобиохимии ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия.

Красноперов Александр Сергеевич, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунологии и патобиохимии ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия.

Порываева Антонина Павловна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории вирусных болезней ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия.

Опарина Ольга Юрьевна, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунологии и патобиохимии ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия.

Белоусов Александр Иванович, доктор ветеринарных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунологии и патобиохимии ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия.

Бриллиант Александр Наумович, инженер-химик отдела ветеринарно-лабораторной диагностики с испытательной лабораторией ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия.

Sergey V. Malkov, Candidate of Science (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Laboratory of Immunology and Pathobiochemistry, FSBSI UrFASRC, UrB of RAS, Ekaterinburg, Russia.

Alexander S. Krasnoperov, Candidate of Science (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Laboratory of Immunology and Pathobiochemistry, FSBSI UrFASRC, UrB of RAS, Ekaterinburg, Russia.

Antonina P. Poryvaeva, Doctor of Science (Biology), Leading Researcher, Laboratory of Viral Diseases, FSBSI UrFASRC, UrB of RAS, Ekaterinburg, Russia.

Olga Yu. Oparina, Candidate of Science (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Laboratory of Immunology and Pathobiochemistry, FSBSI UrFASRC, UrB of RAS, Ekaterinburg, Russia.

Alexander I. Belousov, Doctor of Science (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Laboratory of Immunology and Pathobiochemistry, FSBSI UrFASRC, UrB of RAS, Ekaterinburg, Russia.

Alexander N. Brilliant, Chemical Engineer, Department of Veterinary and Laboratory Diagnostics with a Testing Laboratory, FSBSI UrFASRC, UrB of RAS, Ekaterinburg, Russia.