

Эффективность скармливания холина в «защищенной» форме в послемолочный период выращивания телят

© 2023. В. Н. Романов ✉, А. В. Мишуров, Д. А. Никанова

ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», пос. Дубровицы, Московская область, Российская Федерация

Изучали физиологическое и продуктивное действие разработанной «защищенной» формы холина в рационах телят в послемолочный период выращивания. Телочки аналоги по породе, живой массе в трехмесячном возрасте были разбиты на 2 группы ($n = 10$) и получали рационы при групповом беспривязном содержании. Животным опытной группы ежедневно к основному рациону задавали минигранулы «защищенного» холина из расчета 50 мг/кг живой массы активного вещества в смеси с комбикормом в течение 90 дней с изучением последействия. За 90 дней скармливания добавки дополнительный прирост живой массы животных контрольной группы составил $67,1 \pm 0,5$ кг, опытной – $77,5 \pm 1,2$ кг, при среднесуточных приростах живой массы $745,5 \pm 0,01$ г против $861,1 \pm 0,40$ г ($p \leq 0,05$), за 30 дней последействия – $733,3 \pm 0,03$ г против $836,7 \pm 0,09$ г соответственно. Ускорение роста телочек взаимосвязано с улучшением направленности метаболических процессов в их организме вследствие применения добавки. В сыворотке крови, взятой в конце опыта, установлен более высокий уровень: общего белка – на 6,3 % ($p \leq 0,05$); альбуминов – на 8,0 % ($p \leq 0,05$); креатина – на 7,4 % ($p \leq 0,05$); глюкозы – на 21,2 % ($p \leq 0,05$); триглицеридов – на 28,0 % ($p \leq 0,05$); холестерина на – 10,2 % ($p \leq 0,05$); щелочной фосфатазы – на 7,6 %, при более низких уровнях мочевины – на 22,8 % ($p \leq 0,05$) и билирубина – на 23,8 % ($p \leq 0,05$). По гематологическим показателям увеличилось уровни образования эритроцитов – на 8,0 % ($p \leq 0,05$), гемоглобина – на 5,2 %, показателя гематокрита – на 19,5 %, снизился на 13,4 % уровень лейкоцитов. Также установлено положительное влияние на иммунный статус организма растущих животных – уровень бактерицидной активности сыворотки крови увеличился на 4,1 %, повысились уровни лизоцима (на 50,0 %) ($p \leq 0,05$), фагоцитарной активности на 1,0 абс. %, фагоцитарного индекса на 14,5 %, фагоцитарного числа на 17,5 %. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности применения холина в «защищенной» форме в рационе телок КРС.

Ключевые слова: биохимия крови, гематология, резистентность, живая масса

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (тема № FGGN 0445-2021-0002).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Романов В. Н., Мишуров А. В., Никанова Д. А. Эффективность скармливания холина в «защищенной» форме в послемолочный период выращивания телят. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023;24(5):830-838. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.830-838>

Поступила: 27.06.2023

Принята к публикации: 11.10.2023

Опубликована онлайн: 30.10.2023

The effectiveness of feeding choline in a "protected" form in the post-dairy period of calf rearing

© 2023. Viktor N. Romanov ✉, Aleksey V. Mishurov, Darya A. Nikanova

L. K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Moscow Region, Russian Federation

The physiological and productive effect of the developed "protected" form of choline in calves' diets after removing them from milk drinking was studied. Heifers analogs by breed, live weight at the age of three months were divided into 2 groups ($n = 10$), and received rations by group loose housing system. The animals of the experimental group were daily given minigranules of "protected" choline at the rate of 50 mg/kg of live weight of the active substance mixed with feed for 90 days, with the study of the aftereffect. For 90 days of feeding the supplement, the additional increase in live weight of animals in the control group was 67.1 ± 0.5 kg, in the experimental group – 77.5 ± 1.2 kg, with an average daily increase in live weight of 745.5 ± 0.01 g versus 861.1 ± 0.40 g ($p \leq 0.05$), for 30 days of aftereffect, respectively, 733.3 ± 0.03 g versus 836.7 ± 0.09 g. The acceleration of the growth of heifers is interconnected with the improvement of the direction of metabolic processes in their body due to the use of an additive. In the blood serum taken at the end of the experiment, there was noted a higher level of total protein – by 6.3 % ($p < 0.05$); albumins by 8.0 % ($p < 0.05$); creatine – by 7.4 % ($p < 0.05$); glucose (by 21.2 %) ($p < 0.05$); triglycerides by 28.0 % ($p < 0.05$); cholesterol by 10.2 % ($p < 0.05$); alkaline phosphatase by 7.6 %, at lower urea levels, by 22.8 % ($p < 0.05$), and bilirubin by 23.8 % ($p < 0.05$). According to hematological indicators, higher levels of erythrocyte formation were revealed – by 8.0 % ($p < 0.05$); hemoglobin by 5.2 %; hematocrit index (by 19.5 %), with a lower (by 13.4 %) white blood cell level. A positive effect on the immune status of the organism of growing animals was also found, with a positive difference in the bactericidal activity of blood serum by 4.1 %, a higher level of lysozyme (by 50.0 %) ($p \leq 0.05$), phagocytic activity by 1.0 absolute%, phagocytic index by 14.5 %, phagocytic number by 17.5 %. The data obtained prove the relevance of giving choline in "protected" form to growing ruminants.

Keywords: blood biochemistry, hematology, resistance, live weight

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the L. K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (theme no. FGGN 0445-2021-0002).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of interest: the authors has stated that there is no conflict of interest.

For citation: Romanov V. N., Mishurov A. V., Nikanova D. A. The effectiveness of feeding choline in a "protected" form in the post-dairy period of calf rearing. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(5):830-838. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.830-838>

Received: 14.03.2023

Accepted for publication: 11.10.2023 Published online: 30.10.2023

Для формирования животных с высокой продуктивностью целесообразно применение способов направленной физиологической коррекции метаболических процессов, протекающих в организме телят как в различные периоды выращивания, так и в периоды технологических стрессов [1, 2, 3].

При важной биологической роли в тканевых обменных процессах реакций метилирования выявлено прямое липотропное, антиоксидантное, антитоксическое, иммуномодулирующее действие холина¹ [4, 5]. Получены исследовательские данные, свидетельствующие о высокой эффективности применения «защищенной» формы холина жвачным животным [6]. При установленной целесообразности скармливания биологически активных соединений, в частности источников метилирующих агентов – метионина [7, 8, 9], карнитина [10], в «защищенных» от опосредованного воздействия симбионтной микрофлоры формах, с более полным их поступлением и всасыванием в кишечник и, непосредственно, в печень.

Полученные данные согласуются с результатами исследований зарубежных ученых о физиологическом и продуктивном действии скармливания высокопродуктивному молочному скоту как «защищенных» форм метилирующих агентов, в частности метионина [11, 12, 13], так и ряда других аминокислот [14, 15]. Учитывая, что холин нормируется в рационах растущего молодняка за рубежом, а информации в отечественных источниках литературы по обогащению рационов телят холином не выявлено, данное направление исследований представляет несомненный научно-практический интерес.

При относительной взаимозаменяемости источников метилирующих агентов, представляемых в настоящее время в основном дорогостоящими зарубежными кормовыми продуктами, встает необходимость разработки их импортозамещения. В отличие от зарубежных

компонентов защиты нами использовались животные жиры (в смеси с диоксидом кремния), температура плавления которых выше, чем температура в рубце жвачных животных. В предварительных физиологических исследованиях, проведенных на модельных жвачных животных, имеющих фистулы рубца, при сравнительном изучении эффективности использования нативной и «защищенной» форм холина относительно контроля, установлено более выраженное положительное влияние на углеводно-жировую и белковый обмен, отложение азота в теле именно разработанной формы, что предполагает и высокое продуктивное действие² [16].

Цель исследований – определение эффективности применения разработанного кормового продукта (холин в «защищенной» форме) телятам в послемолочный период выращивания.

В задачи входило изучить:

- интенсивность роста телят при скармливании кормовой добавки в течение 90 дней опыта и через 30 дней последствия;

- состояние обмена веществ и показателей резистентности у подопытных животных в середине и конце опыта.

Научная новизна – при целесообразности применения биологически активных соединений жвачным животным в «защищенных» от опосредованного воздействия симбионтов преджелудков видах и необходимости импортозамещения впервые проведены исследования на растущем молодняке крупного рогатого скота разработанной отечественной кормовой добавки холина. Представленные материалы являются одним из этапов изучения физиологического и продуктивного действия «защищенной» формы холина в направлении разработки фундаментальных основ обеспечения биологически полноценным питанием организма высокопродуктивных коров и раскрытия их генетического потенциала.

¹Циеленс Э. А. Метаболизм холина и реакции переметилирования. Рига: Знание, 1971. 368 с.

²Заявка на патент № 2023106829 от 22.03.2023 г.

Материал и методы. Научно-хозяйственный опыт общей длительностью 120 дней (90 дней основной, 30 последствия) проводили в условиях сельскохозяйственного предприятия АО «Молоди» Чеховского района Московской области на телочках голштинизированной черно-пестрой породы при групповом беспривязном их содержании в летний период выращивания. Животные после снятия с выпойки молока в трехмесячном возрасте были сформированы в две группы по 10 голов в каждой.

Животные контрольной группы потребляли основной общехозяйственный рацион, состоящий из комбикорма, сена, трав зеленого конвейера, соответствующий разработанным нормам энергетической и питательной ценности для данного возраста и высокой интенсивности роста.

Суточный рацион в возрасте четырех месяцев состоял: 1 л молока; 1,2 кг стартерного комбикорма; 1 кг зеленой массы; 1 кг сена; 0,02 кг соли; в возрасте пяти месяцев: 1,5 кг стартерного комбикорма; 2 кг зеленой массы; 1 кг сена; 0,02 кг соли; в возрасте шести месяцев: 1,8 кг стартерного комбикорма; 3 кг зеленой массы; 1 кг сена; 0,02 кг соли.

Животные опытной группы в первый месяц исследований получали в сутки на голову 2 г активного вещества холина в «защищенном» гранулированном виде (8 г кормового продукта) в смеси с комбикормом. Во второй месяц опыта суточная доза составляла 11 г, в третий месяц – 14 г, исходя из перерасчета скармливания 1 г активного вещества холина на 50 кг живой массы.

Для изучения показателей обменных процессов в организме ($n = 5$) проводили биохимический анализ крови, взятой через 1,5 месяца, по окончании опыта и через 3 часа после кормления. Определяли содержание общего белка, альбуминов, глобулинов, креатинина, мочевины, билирубина общего, холестерина общего, щелочной фосфатазы, глюкозы, АСТ, АЛТ, триглицеридов, кальция, фосфора и гематологических (гемоглобин, эритроциты, лимфоциты, гематокрит) на биохимическом автоматическом анализаторе ErbaXL-640 (Erba-Lachema, Чехия, с использованием реагентов Erba) в отделе физиологии и биохимии с.-х. животных ФУБНУ ВИЖ имени Л. К. Эрнста. Прибор калибруется по имеющимся стандартам и поверяется при каждой загрузке аналитического материала. Определение гематологических показателей проводили кондуктометрическим методом измерения для подсчета

общего количества клеток, гемоглобин определяли фотометрическим методом.

Изучение неспецифического и клеточного иммунитета крови животных проводили в лаборатории микробиологии ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста по модифицированным методикам. Бактерицидную и лизоцимную активность сыворотки крови определяли фотонепелометрическим методом, основанным на разнице оптической плотности мясопептонного бульона с тест-культурой бактерий.

Полученные в опыте материалы обработаны с вычислением среднеарифметической (M), среднеквадратической ошибки ($\pm m$) и уровня значимости (p). Результаты исследований считаются высокодостоверными при $p \leq 0,001$ и достоверными при $p \leq 0,01$ и $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Проведенные исследования охватывают сложный возрастной период для растущего организма, во взаимосвязях с морфофункциональной перестройкой пищеварительного аппарата к характерному для жвачных животных желудочно-кишечному типу пищеварительной деятельности.

Основной средневзвешенный рацион телят представлен в таблице 1.

В период проведения эксперимента животные обеих групп были здоровыми, и полученные биохимические и гематологические показатели крови находились в пределах допустимых референтных значений.

Выявлены не только определенные тенденции, но и существенная разница в показателях обменных процессов в организме животных, получавших кормовую добавку «защищенной» формы холина уже через 45 дней скармливания (табл. 2).

Так, по азотистому обмену, при общей положительной разнице в уровне концентрации общего белка (на 3,7 %), увеличился уровень альбуминов (на 5,5 %) ($p \leq 0,05$), глобулинов (на 2,4 %), А/Г соотношение составило 0,72 против 0,70 в контроле. О лучшем течении азотистого обмена свидетельствуют и более низкие (на 17,3 %) показатели уровня мочевины, при повышенном уровне креатинина (на 5,3 %), как продукта распада белка, образующегося в мышцах, характеризующего определенным образом не только объём мышечной массы, но и участвующего в энергетическом обмене тканей организма. Активность ферментов переаминирования была сравнительно одинакова, как и коэффициент де Ритиса.

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: КОРМОПРОИЗВОДСТВО.
КОРМЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ /
ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: FODDER PRODUCTION. LIVESTOCK FEEDING**

*Таблица 1 – Основной средневзвешенный рацион телят (n = 10) /
Table 1 – Basic weighted average diet of calves (n = 10)*

<i>Показатель / Indicator</i>	<i>Контрольная группа / Control group</i>	<i>Опытная группа / Experimental group</i>
Сено злаково-бобовое, г / Grain-legume hay, g	1000	1000
Зеленая масса, г / Green mass, g	2000	2000
Стартерный комбикорм, г / Starter compound feed, g	1500	1500
Кормовая добавка (холин в «защищенной» форме), г / Feed additive (Choline in a "protected" form), g	-	11
Соль поваренная, г / Table salt, g	20	20
<i>В рационе содержится / The diet contains:</i>		
ЭКЕ / Energy Feed Units	2,78	2,79
Обменная энергия, МДж / Exchange energy, MJ	27,76	27,97
Сухое вещество, г / Dry matter, g	2535,0	2551,3
Сырой протеин, г / Crude protein, g	444,0	447,7
Сырая клетчатка, г / Crude fiber, g	488,0	491,2
Сырой жир, г / Crude fat, g	80,0	85,4
Кальций, г / Ca, g	24,6	24,6
Фосфор, г / P, g	14,0	14,0

*Таблица 2 – Влияние скармливания холина в «защищенной» форме на биохимические показатели крови телят через 1,5 месяца опыта (n = 5) /
Table 2 – The effect of feeding choline in a "protected" form on the biochemical parameters of calves' blood after 1.5 months of the experiment (n = 5)*

<i>Показатель / Indicator</i>	<i>Контрольная группа / Control group</i>	<i>Опытная группа / Experimental group</i>	<i>% контролю / % to control</i>
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	66,78±1,16	69,25±0,57	103,7
Альбумины, г/л / Albumin (A), g/l	27,54±0,14	29,05±0,26*	105,5
Глобулины, г/л / Globulin (G), g/l	39,24±1,12	40,20±0,68	102,4
А/Г / A/G	0,70±0,02	0,72±0,02	-
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	3,12±0,14	2,58±0,21	82,7
Креатинин, мкм/л / Creatinine, μmol/l	98,68±0,91	103,90±1,25*	105,3
Глюкоза, ммоль/л / GLU	3,17±0,42	4,32±0,25*	136,3
Щелочная фосфатаза, МЕ/л / ALP, U/L	170,60±2,22	182,00±4,30*	106,7
АЛТ, МЕ/л / ALT, IU/L	26,39±0,16	27,26±0,32	103,3
АСТ, МЕ/л / AST, IU/L	66,93±0,41	65,21±0,66	97,4
Коэффициент де Ритиса АСТ/АЛТ / AST/ALT	2,64±0,12	2,68±0,16	-
Билирубин общий, ммоль/л / Bilirubin, μmol/l	1,59±0,12	1,26±0,10	79,2
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mmol/l	0,25±0,01	0,31±0,02*	124,0
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	2,82±0,11	3,06±0,06	108,5
Кальций, ммоль/л / Ca, mmol/l	2,76±0,05	2,82±0,02	102,2
Фосфор, ммоль/л / P, mmol/l	2,20±0,05	2,29±0,04	104,1
Ca/P	1,25±0,01	1,23±0,103	98,4
Магний, ммоль/л / Mg, mmol/l	0,80 ±0,02	0,85±0,02	106,3
Железо, мкм/л / Fe, μmol/l	26,84±1,51	28,16±1,46	104,9
Хлориды, мм/л / Chlorides, mM/l	105,60±1,05	107,50±0,41	101,2

*Достоверно при p≤0,05/ Reliable at p≤0.05

Свидетельством улучшения энергетического обмена в организме растущих животных является уровень глюкозы, составивший у животных опытной группы 4,32, контрольной – 3,17 ммоль/л (выше на 36,3 % ($p \leq 0,05$), и показатель щелочной фосфатазы 182,0 МЕ/л и 170,60 МЕ/л ($p \leq 0,05$) соответственно.

Выявленный низкий уровень билирубина (на 20,8 %) при увеличенных уровнях холестерина (на 8,5 %) и триглицеридов (на 24,0 %) ($p \leq 0,05$) характеризуют более высокий уровень функциональной деятельности печени, при известном липотропно-гепатопротекторном действии холина.

Таблица 3 – Влияние скармливания холина в «защищенной» форме на гематологические показатели крови телят через 1,5 месяца опыта (n = 5) /

Table 3 – The effect of feeding choline in a "protected" form on the hematological blood parameters of calves after 1.5 months of the experiment (n = 5)

<i>Показатель / Indicator</i>	<i>Контрольная группа / Control group</i>	<i>Опытная группа / Experimental group</i>	<i>% к контролю / % to control</i>
Эритроциты, 10^{12} /л / RBC	12,19±0,20	13,39±0,34*	109,8
Лейкоциты, 10^9 /л / WBC	18,88,±0,52	15,87±1,39	84,1
Гемоглобин, г/л / HGB	96,11±1,10	101,40±2,65	105,5
Гематокрит, % / HCT	39,27±1,98	44,04±2,90	+4,77

*Достоверно при $p \leq 0,05$ / Reliable at $p \leq 0,05$

В совокупности с более высоким (на 9,8 %) ($p \leq 0,05$) уровнем эритроцитов данные показатели также характеризуют улучшение функциональной деятельности печени, при ее важной роли в кроветворении. Установлено, что применение холина способствует уменьшению (на 15,9 %) уровня лейкоцитов в крови относительно контроля.

Выявленные тенденции, причем с более выраженной разницей в ряде показателей, характеризующих метаболические процессы в организме растущих животных, получавших «защищенную» форму холина, проявились в конце эксперимента (табл. 4).

Состояние белкового обмена в опытной группе характеризовалось повышением уровня общего белка на 6,3 % ($p \leq 0,05$), концентрации альбуминов на 8,0 % ($p \leq 0,05$), повышением фракции глобулинов на 5,1 %, увеличением соотношения А/Г до 0,73 относительно контроля. Снижение уровня концентрации мочевины на 22,8 % ($p \leq 0,05$) и повышение уровня креатина на 7,4 % ($p \leq 0,05$) характеризуют, как правило, активизацию белкового обмена и обуславливают повышение роста мышечной ткани при одновременном снижении катаболизма белков в организме животных, получавших добавку.

По минеральному обмену значительных различий в показателях не выявлено, при тенденции более высокого содержания у животных опытной группы кальция на 2,2 %, фосфора – на 4,1 %, магния – на 6,3 %, с известной ролью последнего в нормализации работы пищеварительной системы, усвоении белков, жиров и углеводов, укреплении костной ткани, участии в формировании иммунитета.

Увеличение уровня железа (на 4,9 %) в сыворотке крови взаимосвязано с уровнем гемоглобина, содержание которого в опытной группе животных, получавших холин, составило 101,40 г/л против 96,11 г/л в контроле (табл. 3).

Более высокие уровни глюкозы (на 21,2 %) ($p \leq 0,05$), щелочной фосфатазы на 7,6 %, как важнейших показателей энергетического обмена, при улучшении показателей липидного, достоверных повышений уровня триглицеридов на 28,0 % ($p \leq 0,05$), холестерина – на 10,2 % ($p \leq 0,05$) и уменьшении билирубина на 23,8 % ($p \leq 0,05$), являются ярким свидетельством положительного действия «защищенного» холина, поступающего непосредственно в печень, с подтверждением имеющихся научных данных о липотропном его действии [1].

В обмене минеральных веществ значительной разницы не выявлено, при некотором увеличении уровня железа (на 6,8 %) в организме опытных животных, получавших холин, относительно контроля.

О положительном действии холина в «защищенной» форме свидетельствуют и данные гематологических показателей крови (табл. 5).

Выявлено увеличение уровней образования эритроцитов – на 8,0 % ($p \leq 0,05$), гемоглобина – на 5,2 %, показателя гематокрита – на 9,5 %, при снижении на 13,4 % уровня лейкоцитов.

Выявлено положительное действие добавки на показатели неспецифического иммунитета растущих животных (табл. 6).

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: КОРМОПРОИЗВОДСТВО.
КОРМЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ /
ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: FODDER PRODUCTION. LIVESTOCK FEEDING**

Таблица 4 – Влияние скармливания холина в «защищенной» форме на биохимические показатели крови телят в конце опыта (n = 5) /

Table 4 – The effect of feeding choline in a "protected" form on the biochemical parameters of calves' blood at the end of the experiment (n = 5)

<i>Показатель / Indicator</i>	<i>Контрольная группа / Control group</i>	<i>Опытная группа / Experimental group</i>	<i>% к контролю / % to control</i>
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	66,91±1,20	71,12±0,81*	106,3
Альбумины, г/л / Albumin (A), g/l	27,80±0,24	30,03±0,48*	108,0
Глобулины, г/л / Globulin (G), g/l	39,11±1,05	41,09±0,55	105,1
А/Г / A/G	0,71±0,02	0,73±0,01	-
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	3,03±0,13	2,34±0,14*	77,2
Креатинин, мкм/л / Creatinine, μmol/l	98,29±2,44	105,60±1,90*	107,4
Глюкоза, ммоль/л / GLU	3,12±0,05	3,78±0,11*	121,2
Щелочная фосфатаза, МЕ/л / ALP, U/L	173,80±1,80	187,00±4,64*	107,6
АЛТ, МЕ/л / ALT, IU/L	26,90±0,45	28,04±1,12	104,2
АСТ, МЕ/л / AST, IU/L	66,28±0,34	65,50±1,16	98,8
Коэффициент де Ритиса АСТ/АЛТ / AST/ALT	2,57±0,14	2,44±0,19	-
Билирубин общий, ммоль/л / Bilirubin, μmol/l	1,72±0,12	1,31±0,13*	76,2
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mmol/l	0,25±0,02	0,32±0,02*	128,0
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	2,84±0,13	3,13±0,04*	110,2
Кальций, ммоль/л / Ca, mmol/l	2,75±0,05	2,82±0,03	102,5
Фосфор, ммоль/л / P, mmol/l	2,26±0,06	2,28±0,05	100,9
Са/Р	1,22±0,05	1,24±0,03	-
Магний, ммоль/л / Mg, mmol/l	1,08 ±0,05	1,09±0,07	100,9
Железо, мкм/л / Fe, μmol/l	25,28±1,68	27,01±2,79	106,8
Хлориды, мМ/л / Chlorides, mM/l	104,60±0,54	104,20±1,02	99,6

*Достоверно при p≤0,05 / Reliable at p≤0.05

Таблица 5 – Влияние скармливания холина в «защищенной» форме на гематологические показатели крови телят в конце опыта (n = 5) /

Table 5 – The effect of feeding choline in a "protected" form on the hematological blood parameters of calves at the end of the experiment (n = 5)

<i>Показатель / Indicator</i>	<i>Контрольная группа / Control group</i>	<i>Опытная группа / Experimental group</i>	<i>% к контролю / % to control</i>
Эритроциты, 10 ¹² /л / RBC	11,98±0,16	12,94±0,29*	108,0
Лейкоциты, 10 ⁹ /л / WBC	19,66±1,77	17,03±0,56	86,6
Гемоглобин, г/л / HGB	95,67±3,04	100,60±2,34	105,2
Гематокрит, % / HCT	40,41±2,21	44,25±1,18	+3,84

*Достоверно при p≤0,05 / Reliable at p≤0.05

Таблица 6 – Влияние скармливания холина в «защищенной» форме на показатели неспецифической резистентности организма телят в конце опыта (n = 4) /

Table 6 – The effect of feeding choline in a "protected" form on the indicators of nonspecific resistance of the body of calves at the end of the experiment (n = 4)

<i>Показатель / Indicator</i>	<i>Контрольная группа / Control group</i>	<i>Опытная группа / Experimental group</i>	<i>% к контролю / % to control</i>
БАСК, % / Bactericidal activity, %	45,8±1,37	49,9±1,49	+4,1
Лизоцим, мкг / мл / Lysozyme, μg/ml	0,32±0,04	0,48±0,03*	150,0
Уд.ед.а., ед.а./мг белка / Ud.ed.a., ed.a./mg of protein	1,83±0,04	2,0±0,21	109,3
ФА, % / Phagocytic activity, %	49,3±0,93	50,3±0,93	+1
ФИ / Phagocytic index	3,38±0,29	3,87±0,04	114,5
ФЧ / Phagocytic number	1,66±0,11	1,95±0,04*	117,5

*Достоверно при p<0,05/ Reliable at p <0.05

По показателям естественной резистентности установлена положительная разница в бактерицидной активности сыворотки крови на 4,1 % при значительном увеличении уровня лизоцима (на 50,0 %) ($p \leq 0,05$), фагоцитарной активности – на 1,0 абс.%, фагоцитарного индекса – на 14,5 %, фагоцитарного числа – на 17,5 %, что в целом свидетельствует о продуктивном влиянии экзогенного применения холина на иммунологический статус организма растущих животных.

Положительные изменения в направленности обменных процессов в организме сопровождались ускорением роста животных. При

сравнительно одинаковой постановочной живой массе животных контрольной и опытной групп через месяц после начала эксперимента животные в контроле весили 88,1±6,6 кг, в опыте – 89,9±2,5 кг при среднесуточном приросте живой массы соответственно 740,0±0,01 г и 870,0±0,02 г ($p \leq 0,05$). На втором месяце эти значения в контроле составили 110,3±6,6 кг и 740±0,01 г, в опыте – 116,0±2,0 кг и 870±0,02 г ($p \leq 0,01$), на третьем 133,0±6,4 кг и 756,7±0,02 г против 142,8±2,4 кг и 893,3±0,02 г ($p \leq 0,01$) соответственно (рис. 1).

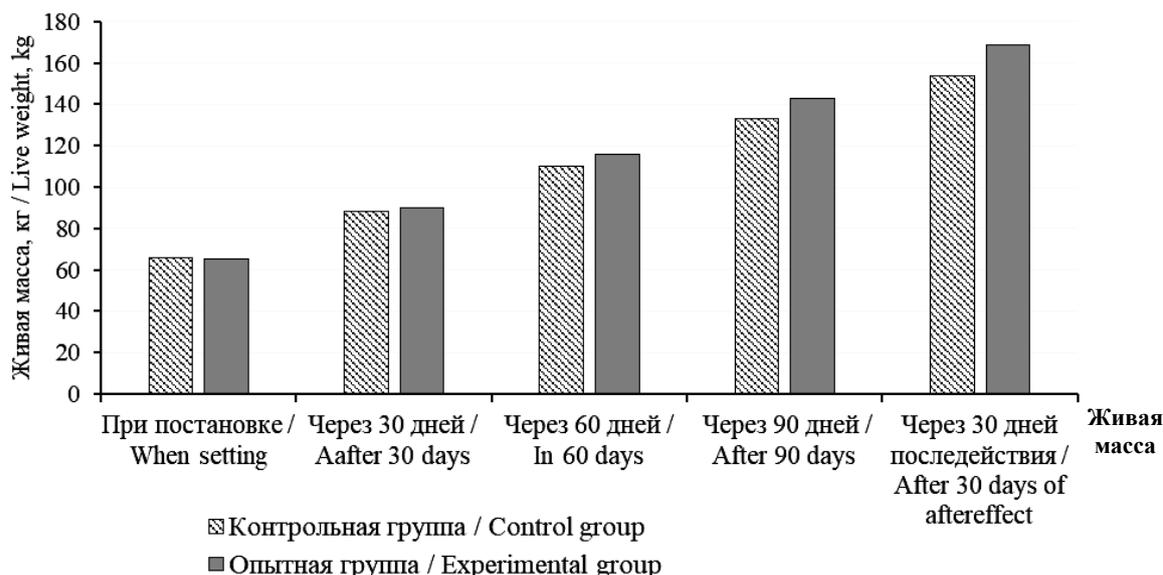


Рис. 1. Влияние скармливания холина в «защищенной» форме на динамику роста живой массы телят, кг (n = 10) /

Fig. 1. The effect of feeding choline in a "protected" form on the dynamics of the growth of live weight of calves, kg (n = 10)

За 90 дней опыта дополнительный прирост живой массы животных контрольной группы составил 67,1±0,5 кг, опытной – 77,5±1,2 кг при среднесуточных приростах живой массы соответственно 745,5±0,01 г против 861,1±0,40 г ($p \leq 0,05$), увеличение составило 15,5 %.

Положительные тенденции в интенсивности роста телят сохранились и после отмены добавки, через 30 дней последействия в опытной группе среднесуточный прирост составил 836,7±0,09 г против 733,3±0,03 г в контроле (увеличение на 14,1 %).

Заключение. Следует считать установленной высокую эффективность применения в рационах телят в послемолочный период в трехмесячном возрасте разработанную форму холина, задаваемую в расчетной дозе 50 мг/кг живой массы, в первый, второй и третий

месяцы опыта соответственно 8, 11 и 14 г кормового продукта к основному хозяйственному рациону.

Выявлено положительное действие добавки на направленность белкового и углеводно-жирового обмена в организме телят, проявленное в биохимических и гематологических показателях крови, взятой через 1,5 месяца опыта, с более выраженной разницей через 3 месяца скармливания. Установлен более высокий уровень общего белка в сыворотке крови до 6,3 % ($p \leq 0,05$), концентрации альбуминов до 8,0 % ($p \leq 0,05$) и креатина – до 7,4 % ($p \leq 0,05$), при более низкой концентрации мочевины – до 22,8 % ($p \leq 0,05$). В показателях углеводно-жирового обмена выявлен повышенный уровень глюкозы (до 21,2 %) ($p \leq 0,05$), триглицеридов на 28,0 % ($p \leq 0,05$), холестерина на 10,2 % ($p \leq 0,05$), щелочной

фосфатазы на 7,6 %, при более низком – до 23,8 % ($p \leq 0,05$) уровне билирубина.

Установлено увеличение уровня образования эритроцитов – на 8,0 % ($p \leq 0,05$), гемоглобина на 5,2 %, показателя гематокрита – на 9,5 %, при снижении (на 13,4 %) уровня лейкоцитов.

В показателях неспецифического иммунитета выявлено увеличение по бактерицидной активности сыворотки крови (на 4,1 %), уровню лизоцима (на 50,0 %) ($p \leq 0,05$), фагоцитарной активности на 1,0 абс.%, фагоцитарного индекса на 14,5 %, фагоцитарного числа на 17,5 %.

Положительная направленность метаболических процессов в организме под действием

добавки обусловила ускорение роста телят без отрицательного последствия. За 90 дней опыта дополнительный прирост живой массы животных контрольной группы составил $67,1 \pm 0,5$ кг, опытной – $77,5 \pm 1,2$ кг при среднесуточных приростах соответственно $745,5 \pm 0,01$ г и $861,1 \pm 0,40$ г ($p \leq 0,05$), за 30 дней последствия в опытной группе среднесуточный прирост составил $836,7 \pm 0,09$ г, в контроле – $733,3 \pm 0,03$ г.

Полученные данные свидетельствуют о целесообразности применения холина в «защищенной» от опосредованного воздействия симбиотной микрофлоры преджелудков форме растущим жвачным животным.

Список литературы

1. Алиев А. А. Обмен веществ у жвачных животных. М.: НИЦ Инженер, 1997. 420 с.
2. Романов В. Н., Воробьева С. В., Девяткин В. А. Оптимизация пищеварительных и обменных процессов в организме крупного рогатого скота с применением биологически активных веществ. Достижения науки и техники АПК. 2013;(3):23-25. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18913310> EDN: PXWWRZ
3. Стресс и адаптация сельскохозяйственных животных в условиях индустриальных технологий. Ф. И. Фурдуй, Е. И. Штирбу, Ф. А. Струтинский [и др.]. Кишинев: Штиинца, 1992. 224 с.
4. Гулюшин С. Ю., Зернов Р. А. Доноры метильных групп – перспективные средства для профилактики хронических микотоксикозов. Сельскохозяйственная биология. 2011;46(2):21-31.
5. Дунн Н. Холин или бетаин: дискуссия на практике. Комбикорма. 2001;(5):53.
6. Чабаяев М. Г., Тютюник С. И., Некрасов Р. В., Анисова Н. И., Перевозникова Е. В., Клементьева Ю. И. Продуктивность и обмен веществ у высокопродуктивных коров при обогащении комбикормов холином. Кормопроизводство. 2013;(9):40-41.
7. Айснер И. Защищенные аминокислоты в кормлении коров. Комбикорма. 2015;(3):73-75.
8. Двалишвили В., Кузина А. Защищенный метионин повышает продуктивность молодняка овец. Комбикорма. 2011;(6):90-91.
9. Кирилов М. П., Головин А. В., Грачев Д. М., Голосной О. Р. Защищенный метионин в кормлении высокопродуктивных коров. Животноводство России. 2002;(2):10-11.
10. Романов В. Н., Иванова Г. В., Боголюбова Н. В., Некрасов Р. В. Физиологическое действие кормовых добавок с «защищенным» L-карнитином. Научные основы производства ветеринарных биологических препаратов: мат-лы Междунар. научн.-практ. конф. Щелково, 2009. С. 534-540.
11. Broderick G. A., Stevenson M. J., Patton R. A. Effect of dietary protein concentration and degradability on response to rumen-protected methionine in lactating cows. Journal of Dairy Science. 2009;92(6):2719-2726. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1277>
12. Kudrna V., Illek J., Marounek M., Nguyen Ngoc A. Feeding ruminally protected methionine to pre- and postpartum dairy cows: effect on milk performance, milk composition and blood parameters. Czech Journal of Animal Scitnce. 2009;(54(9)):395-402. DOI: <https://doi.org/10.17221/1684-CJAS>
13. Yang W. R., Sun H., Wang Q. Y., Liu F. X., Yang Z. B. Effects of rumen-Protected methionine on dairy performance and amino acid metabolism in lactating cows. American Journal of Animal and Veterinary Sciences. 2010;(5(1)):1-7. DOI: <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2010.1.7>
14. Giallongo F., Harper M., Oh J., Lopes J. C., Lappiere H., Patton R. A., Parys C., Shinzato I., Hristov A. N. Effects of rumen-protected methionine, lysine, and histidine on lactation performance of dairy cows. Journal of Dairy Science. 2016;99:4437-4452. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10822>
15. Lee C., Hristov A., Cassidy T., Heyler K. S., Lappiere H., Varda G. A., de Veth M. J., Patton R. A., Parys C. Rumen-protected lysine, methionine, and histidine increase milk protein yield in dairy cows fed a metabolizable protein deficient diet. Journal of Dairy Science. 2012;95(10):6042-6056. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5581>

References

1. Aliev A. A. Metabolism in ruminants. Moscow: *NITs Inzhener*, 1997. 420 p.
2. Romanov V. N., Vorobyova S. V., Devyatkin V. A. Optimization of digestive and metabolic processes in the cattle organism using bioactive compounds. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2013;(3):23-25. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18913310>
3. Stress and adaptation of farm animals in the conditions of industrial technologies. F. I. Furduy, E. I. Shtirbu, F. A. Strutinskiy [et al.]. Kishinev: *Shtiintsa*, 1992. 224 p.

4. Gulyushin S. Yu., Zernov R. A. Methyl group donors - promising means for prevention of chronic mycotoxicosis. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2011;46(2):21-31. (In Russ.).
5. Dunn N. Choline or betaine: debate in practice. *Kombikorma*. 2001;(5):53. (In Russ.).
6. Chabayev M. G., Tyutyunik S. I., Nekrasov R. V., Anisova N. I., Perevoznikova E. V., Klementyeva Yu. I. Productivity and metabolism of highly productive cows at the concentrated feeds' enrichment with choline. *Kormoproizvodstvo = Forage Production*. 2013;(9):40-41. (In Russ.).
7. Aysner I. Protected amino acids in cow feeding. *Kombikorma*. 2015;(3):73-75. (In Russ.).
8. Dvalishvili V., Kuzina A. Protected methionine increases the productivity of young sheep. *Kombikorma*. 2011;(6):90-91. (In Russ.).
9. Kirilov M. P., Golovin A. V., Grachev D. M., Golosnoy O. R. Protected methionine in feeding highly productive cows. *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2002;(2):10-11. (In Russ.).
10. Romanov V. N., Ivanova G. V., Bogolyubova N. V., Nekrasov R. V. Physiological effect of feed additives with "protected" L-carnitine. Scientific basis for the production of veterinary biological preparations: Proceedings of the International. scientific-practical conf. Shchelkovo, 2009. pp. 534-540.
11. Broderick G. A., Stevenson M. J., Patton R. A. Effect of dietary protein concentration and degradability on response to rumen-protected methionine in lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 2009;92(6):2719-2726. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1277>
12. Kudrna V., Illek J., Marounek M., Nguyen Ngoc A. Feeding ruminally protected methionine to pre- and postpartum dairy cows: effect on milk performance, milk composition and blood parameters. *Czech Journal of Animal Science*. 2009;(54(9)):395-402. DOI: <https://doi.org/10.17221/1684-CJAS>
13. Yang W. R., Sun H., Wang Q. Y., Liu F. X., Yang Z. B. Effects of rumen-Protected methionine on dairy performance and amino acid metabolism in lactating cows. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 2010;(5(1)):1-7. DOI: <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2010.1.7>
14. Giallongo F., Harper M., Oh J., Lopes J. C., Lappiere H., Patton R. A., Parys C., Shinzato I., Hristov A. N. Effects of rumen-protected methionine, lysine, and histidine on lactation performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2016;99:4437-4452. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10822>
15. Lee C., Hristov A., Cassidy T., Heyler K. S., Lappiere H., Varda G. A., de Veth M. J., Patton R. A., Parys C. Rumen-protected lysine, methionine, and histidine increase milk protein yield in dairy cows fed a metabolizable protein deficient diet. *Journal of Dairy Science*. 2012;95(10):6042-6056. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5581>

Сведения об авторах

✉ **Романов Виктор Николаевич**, кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных, ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», п. Дубровицы, д. 60, Городской округ Подольск, Московская область, Российская Федерация, 142132, e-mail: priemnaya-vij@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3542-5370>, e-mail: romanoff-viktor51@yandex.ru

Мишуров Алексей Владимирович, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных, ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», п. Дубровицы, д. 60, Городской округ Подольск, Московская область, Российская Федерация, 142132, e-mail: priemnaya-vij@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7382-1625>

Никанова Дарья Александровна, кандидат биол. наук, научный сотрудник отдела биотехнологии и молекулярной диагностики животных, лаборатория микробиологии, ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», п. Дубровицы, д. 60, Городской округ Подольск, Московская область, Российская Федерация, 142132, e-mail: priemnaya-vij@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5164-244X>

Information about the authors

✉ **Viktor N. Romanov**, PhD in Biological Science, leading researcher, the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals, L. K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy village, 60, Podolsk City District, Moscow Region, Russian Federation, 142132, e-mail: priemnaya-vij@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3542-5370>, e-mail: romanoff-viktor51@yandex.ru

Aleksey V. Mishurov, PhD in Agricultural Science, senior researcher, the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals, L. K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy village, 60, Podolsk City District, Moscow Region, Russian Federation, 142132, e-mail: priemnaya-vij@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7382-1625>

Darya A. Nikanova, PhD in Biological Science, researcher, the Department of Biotechnology and Molecular Diagnostics of Animals, the Laboratory of Microbiology, L. K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy village, 60, Podolsk City District, Moscow Region, Russian Federation, 142132, e-mail: priemnaya-vij@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5164-244X>

✉ – Для контактов / Corresponding author