
ОСОБЕННОСТИ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ И ОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ У МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ В РАЦИОНЫ «ЗАЩИЩЕННОЙ» ФОРМЫ КАРНИТИНА

В.Н. Романов¹, Н.В. Боголюбова¹, В.А. Девяткин¹,
В.Н. Гришин², Л.А. Ильина³

¹Центр биотехнологии и молекулярной диагностики
ФГБНУ Всероссийский НИИ животноводства
п. Дубровицы, Подольский р-н, МО, 142132

²Кафедра стандартизации, метрологии и технологии
производства продукции животноводства
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8/2, Москва, Россия, 117198

³ООО «Биотроф»
Санкт-Петербург, Россия, 192288

Для изучения эффективности применения «защищенной» формы L-карнитина в рационах жвачных животных проведены физиологические исследования на фистульных бычках. Установлено положительное физиологическое и продуктивное действие с выявленными тенденциями улучшения метаболических процессов в преджелудках, повышения переваримости питательных веществ, увеличения ретенции азота, что обуславливает ускорение роста молодняка крупного рогатого скота.

Ключевые слова: жвачные животные, L-карнитин, метаболизм в рубце, симбионтная микрофлора, переваримость питательных веществ, ретенция азота, рост бычков.

Поиск, изучение и направленное применение современных высокоэффективных биологически активных соединений, способствующих оптимизации пищеварительных и обменных процессов в организме, раскрытию генетически обусловленной продуктивности, является одним из путей ускорения роста и развития животных. В этой связи перспективным является направленное применение эрготропных веществ, способствующих повышению функциональной деятельности желудочно-кишечного тракта, печени, других жизненно важных систем организма [1; 6].

При имеющейся недостаточности обеспечения рационов жвачных животных метилсодержащими соединениями требуется дополнительное использование метионина, холина, бетаинов и ряда компонентов, взаимосвязанных с реакциями переметилирования, играющих важную роль в углеводно-жировом и белковом обмене веществ в организме, иммунных процессах, реализации генетической информации [2; 5].

Одним из метаболитов, принимающих непосредственное участие в реакциях метилирования и играющего особую важную роль в обменных процессах, является линейный мышечный бетаин карнитин, синтез которого в организме происходит только при достаточном обеспечении лизином, метионином, холином, ви-

таминами С, В12, В15, кобальтом, железом. Установленное к настоящему времени липотропно-гепатопротекторное и детоксицирующее его действие дает полные основания к его применению для оптимизации обменных процессов в организме и повышения продуктивности скота [3; 8—10; 12].

Целью нашей работы являлось изучение влияния «защищенной» от опосредованного воздействия симбионтной микрофлоры преджелудков жвачных синтетического аналога L-карнитина в виде препарата «Карнипасс» (ЛАН, Германия), с содержанием 18% активного вещества, на процессы пищеварения, переваримость питательных веществ в организме, обмен веществ, интенсивность роста бычков.

Материалы и методы исследований. Физиологические исследования проводились в условиях вивария ГНУ ВНИИ животноводства на 6 бычках — аналогах черно-пестрой породы, прооперированных с наложением фистул рубца, средней живой массой 240 кг в возрасте 8 месяцев. Животные потребляли основной рацион, состоящий из 20 кг кормосмеси (25% сенажа злаково-разнотравного, 47% силоса кукурузного, 23% комбикорма и 5% патоки) и 2 кг комбикорма, сбалансированный по нормам ВИЖ. Бычкам опытной группы в течение опыта (21 сутки предварительный и 7 суток учетный период) задавали препарат «Карнипасс» в смеси с комбикормом из расчета 15 г/голову в сутки.

С целью определения переваримости питательных веществ кормов проведен физиологический балансовый опыт по общепринятой методике с определением химического состава биологических субстратов (корма, остатки кормов, кал, моча). На фоне балансового опыта по переваримости до — через 1, 2, 3, и 4 часа после кормления у каждого животного брали пробы содержимого рубца с определением показателей метаболизма, а также состава бактериального сообщества с проведением T-RFLP-анализа [4].

По окончании балансового опыта у каждого животного через три часа после кормления брали кровь из хвостовой вены с последующим изучением биохимического статуса.

Результаты исследований и обсуждение. Выявлено положительное влияние «защищенной» формы L-карнитина на течение микробиальных процессов в рубце животных и установлено повышение переваримости питательных веществ кормов.

Так, при общей тенденции возрастания концентрации азота аммиака в содержимом рубца после кормления у животных, получавших препарат, его уровень был ниже в сравнении с контролем до и в течение трех часов после кормления. Это может указывать как на более эффективное использование азота протеина рубцовой микрофлорой, так и увеличение вовлечения метаболита в гепаторуминальную циркуляцию (табл. 1).

Концентрация ЛЖК в рубце животных опытной группы была более высокой по сравнению с контролем, — до кормления на 6,9%, спустя 1 час — на 19,6 ($P < 0,05$), через 3 часа — на 10,2% ($P < 0,01$), что может свидетельствовать о более высоком уровне микробиальных процессов и ферментации углеводов в преджелудках, обуславливая увеличение поступления этого высокоценного энергопластического материала в обменный фонд организма.

Таблица 1

Динамика показателей рубцового метаболизма ($M \pm m$, $n = 3$)

Группа	Время взятия проб				
	За 1 час до кормления	После кормления, часы			
		1	2	3	4
Аммиак в рубцовой жидкости, мг/дл					
Контрольная	10,76 ± 1,4	23,79 ± 0,73	26,32 ± 0,56	22,65 ± 1,84	12,94 ± 0,31
Опытная	6,17 ± 0,0*	18,0 ± 1,11*	22,17 ± 1,12	22,05 ± 0,73	14,60 ± 0,60
ЛЖК в рубцовой жидкости, ммоль/дл					
Контрольная	10,10 ± 0,61	10,20 ± 0,41	12,30 ± 0,23	12,80 ± 0,23	13,60 ± 0,80
Опытная	10,80 ± 0,40	12,20 ± 0,29*	13,20 ± 0,32	14,10 ± 0,20*	14,60 ± 0,09

Примечание: * $P < 0,05$ по t -критерию в сравнении с контролем.

Скармливание препарата вызывало повышение уровня образования микробной массы, с достоверным увеличением как бактерий, до- и после кормления (на 11,6 и 7,7% соответственно), так и простейших до кормления (на 6,1%), при общих тенденциях увеличения образования симбионтной микрофлоры на 3,0—9,2% (табл. 2), и изменения бактериального сообщества.

Таблица 2

Содержание микробной массы в рубцовой жидкости ($M \pm m$, $n = 3$)

Группа	В 100 мл рубцового содержимого, г					
	За 1 час до кормления			Через 3 часа после кормления		
	бактерии	простейшие	всего	бактерии	простейшие	всего
Контрольная	0,2240 ± 0,01	0,3437 ± 0,04	0,5677	0,4505 ± 0,03	0,6015 ± 0,005	1,0520
Опытная	0,2500 ± 0,02*	0,3702 ± 0,01*	0,6202	0,4780 ± 0,02**	0,6060 ± 0,01	1,0840

Выявлено, что в рубце подопытных животных обеих групп доминировали микроорганизмы, участвующие в процессах ферментации компонентов растительных кормов: бактерии фил *Bacteroidetes* *Flavobacteriaceae*, *Flexibacteraceae*) и *Firmicutes* (семейств *Clostridiaceae*, *Eubacteriaceae*, *Lachnospiraceae*, *Peptostreptococcaceae*, *Ruminococcaceae*) (табл. 3).

Скармливание препарата положительно отразилось на жизнедеятельности целлюлозолитических бактерий *Lachnospiraceae*, *Ruminococcaceae*. Соотношение других микроорганизмов, ферментирующих простые и сложные углеводы кормов, — бактерии семейств *Eubacteriaceae* (*Eubacterium* sp., *Eubacterium rectale*, *Eubacterium ruminantium*) и *Clostridiaceae* (*Clostridium* sp.) — было переменным.

Более высокое содержание бактерий филы *Bacteroidetes* в содержимом рубца после кормления у животных, получавших препарат, может указывать на повышение уровня переваримости крахмалсодержащих компонентов корма.

Видовой состав микроорганизмов в рубце, % ($M \pm m$, $n = 3$)

Бактерии	Группа			
	Контрольная		Опытная	
	Время отбора проб			
	1ч до кормления	3 ч после кормления	1ч до кормления	3ч после кормления
Фила <i>Bacteroidetes</i>	5,26 ± 1,19	3,09 ± 0,18	3,74 ± 1,49	4,19 ± 1,37
Фила <i>Firmicutes</i>	54,20 ± 4,44	51,30 ± 3,99	56,20 ± 1,12	57,10 ± 0,51
Класс <i>Clostridia</i>	28,9 ± 2,17	24,70 ± 1,83	29,7 ± 6,41	28,9 ± 5,74
Сем. <i>Clostridiaceae</i>	8,92 ± 1,12	8,45 ± 1,21	8,81 ± 4,21	8,83 ± 0,95
Сем. <i>Eubacteriaceae</i>	4,23 ± 0,86	2,49 ± 0,31	5,22 ± 0,27	2,39 ± 0,30
Сем. <i>Ruminococcaceae</i>	1,03 ± 0,30	н.п.д.о.	3,20 ± 1,13	1,38 ± 0,92
Сем. <i>Lachnospiraceae</i>	2,14 ± 0,44	2,21 ± 0,47	2,98 ± 1,50	2,85 ± 0,54
Сем. <i>Veillonellaceae</i>	1,34 ± 0,26	0,96 ± 0,43	0,88 ± 0,58	0,24 ± 0,32
Класс <i>Bacilli</i>	25,30 ± 3,48	26,60 ± 4,71	26,50 ± 10,9	28,20 ± 5,21
Сем. <i>Bacillaceae</i>	3,24 ± 0,72	3,77 ± 0,48	3,36 ± 1,57	3,89 ± 1,81
Сем. <i>Lactobacillaceae</i>	5,31 ± 2,94	12,60 ± 9,15	7,30 ± 7,70	13,51 ± 0,18
Порядок <i>Bifidobacteriales</i>	0,53 ± 0,45	1,44 ± 0,47	0,96 ± 0,64	1,71 ± 1,77
Порядок <i>Actinomycetales</i>	4,41 ± 0,19	8,23 ± 0,88	3,62 ± 2,42	6,48 ± 2,01
Патогенные бактерии				
Сем. <i>Enterobacteriaceae</i>	4,85 ± 0,37	3,63 ± 0,90	3,19 ± 2,12	3,17 ± 1,82
Сем. <i>Campylobacteriaceae</i>	0,69 ± 0,02	0,55 ± 0,37	0,56 ± 0,37	н.п.д.о.
Сем. <i>Enterococcaceae</i>	12,2 ± 2,37	8,90 ± 1,36	5,13 ± 2,42*	4,40 ± 0,20*
Фила <i>Fusobacteria</i>	1,37 ± 0,21	1,73 ± 0,23	1,03 ± 0,86	1,33 ± 1,42
Некультивируемые	28,04 ± 2,42	29,4 ± 1,96	30,50 ± 9,92	24,6 ± 4,63

Примечание: * $P < 0,05$ по t -критерию при сравнении с контролем; н.п.д.о. — ниже предела допустимого определения.

Количество молочнокислых бактерий семейства *Lactobacillaceae*, ферментирующих моносахара до лактата в рубце, было достаточно высоким у всех подопытных животных, при значительном росте популяций через 3 часа после кормления.

Следует особо отметить, что в содержимом рубца у животных обеих групп были зафиксированы фузобактерии — рода *Fusobacterium* (вызывающие некробактериоз жвачных) и кампилобактерии семейства *Campylobacteriaceae* (возбудители кампилобактериозного мастита), количество которых варьировало в зависимости от времени кормления при сравнительно более низком их уровне у животных, потреблявших препарат.

В целом скармливание L-карнитина, оказав положительное влияние на микробиальные процессы в преджелудках, способствовало повышению переваримости и усвоения питательных веществ кормов в нижележащих отделах пищеварительного тракта, о чем свидетельствуют показатели видимой переваримости питательных веществ кормов (табл. 4).

У животных опытной группы отмечено значительное увеличение общей переваримости сырого протеина, и особенно сырого жира, клетчатки (на 9,9 и 6,1% соответственно).

Таблица 4

Количество переваренных и переваримость питательных веществ ($M \pm m$, $n = 3$)

Показатель	Группа	
	Контрольная	Опытная
Сухое вещество, г	4 490 ± 169	4 654 ± 349
переваримость, %	65,70 ± 1,30	68,50 ± 2,70
Органическое в-во, г	4 286 ± 154	4 486 ± 315
переваримость, %	68,0 ± 1,20	70,80 ± 2,50
Сырой протеин, г	659,0 ± 51,90	678,0 ± 18,20
переваримость, %	62,20 ± 2,90	63,30 ± 1,30
Сырой жир, г	145,0 ± 12,60	152,0 ± 8,70
переваримость, %	56,30 ± 3,20	59,40 ± 2,40
Сырая клетчатка, г	841 ± 53	924 ± 80
переваримость, %	60,60 ± 2,50	66,70 ± 3,00
БЭВ, г	2 641 ± 87	2 732 ± 174
переваримость, %	73,0 ± 1,30	75,90 ± 2,40

Добавка L-карнитина сказалась положительно на использовании азотистых веществ рациона (табл. 5).

Таблица 5

Использование азота протеина ($M \pm m$, $n = 3$)

Показатель	Группа	
	Контрольная	Опытная
Принято с кормом, г	169 ± 6,0	171 ± 3,0
Содержится в кале, г	64,1 ± 2,8	62,9 ± 2,7
Всего усвоено, г	105 ± 8,0	108 ± 3,0
Коэффициент усвоения, %	62,2 ± 2,9	63,3 ± 1,3
Выделено с мочой, г	80,9 ± 2,9	75,3 ± 7,2
Отложено в теле, г	24,5 ± 5,5	33,2 ± 4,3
Коэффициент использования, %	14,5 ± 2,9	19,3 ± 2,6

Так, при тенденции увеличения потребления азота в составе кормов у животных опытной группы коэффициент его использования повысился на 4,8 абс.%, при более высоком его отложении в теле (на 35,4%, или на 8,7 г в сравнении с контролем) и повышении коэффициента использования до 19,3% против 14,5% в контроле.

Повышение переваримости и усвояемости питательных веществ в желудочно-кишечном тракте, увеличение использования азота способствовало получению более высоких приростов живой массы 890 ± 34 г в опытной группе и 718 ± 37 г в контроле при разнице, составившей 24,0% ($P < 0,05$).

Скармливание карнитина благоприятно оказало влияние на биохимический статус крови (табл. 6), в частности на состояние азотистого обмена, создав более высокий резерв белка. Так, концентрация общего белка у бычков опытной группы была на 6,2%, альбуминов — на 6,6%, глобулинов — на 5,9% выше в сравнении с контролем. Возрастание уровня альбуминов, представляющих мелкодисперсную фракцию белков, служащих показателем восполнения белковых запасов организма, косвенно может свидетельствовать и об усилении белково-образовательной функции печени.

Биохимические показатели крови

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Общий белок, г/л	71,37 ± 1,68	75,77 ± 1,68
Альбумины, г/л	24,38 ± 0,79	25,99 ± 4,12
Глобулины, г/л	46,99 ± 2,72	49,78 ± 3,79
A/G	0,52 ± 0,07	0,52 ± 0,06
АЛТ, МЕ/л	15,15 ± 1,51	18,10 ± 1,80
АСТ, МЕ/л	44,05 ± 1,32	41,83 ± 1,09
Мочевина, ммоль/л	4,77 ± 1,38	4,86 ± 0,76
Креатинин, мкмоль/л	73,14 ± 1,13	77,96 ± 2,64
Билирубин общий, мкмоль/л	5,37 ± 0,42	4,39 ± 0,44
Холестерин, ммоль/л	2,42 ± 0,11	2,25 ± 0,07
Щелочная фосфатаза, МЕ/л	322,90 ± 64,89	318,86 ± 46,83
Глюкоза, ммоль/л	3,29 ± 0,14	3,09 ± 0,40
Кальций, ммоль/л	3,82 ± 0,27	3,32 ± 0,25
Фосфор, ммоль/л	2,85 ± 0,40	2,81 ± 0,50
Магний, ммоль/л	1,04 ± 0,13	0,97 ± 0,15

Незначительная тенденция к повышению уровня мочевины в сыворотке крови животных опытной группы также косвенно может свидетельствовать о более интенсивном течении азотистого обмена, как и концентрация креатинина (на 6,6%), характеризующая увеличение накопления креатинфосфата, — запасного аккумулятора энергии, используемого в белковом синтезе.

В исследованиях выявлена разница в активности ферментов сыворотки крови, при отмечаемом повышении уровня АЛТ на 19,5% в опытной группе, и снижении активности АСТ на 5,0% по сравнению с контролем, что может свидетельствовать о стабилизирующем действии карнитина на свободные аминокислоты крови, при более активном синтезе белков в печени.

Уровень глюкозы в крови, как один из важнейших параметров, характеризующих углеводный обмен, был ниже на 6,1% в опытной группе, свидетельствуя о более интенсивном вовлечении энергии в процессы обмена, в частности при интенсификации белкового синтеза.

Снижение уровня щелочной фосфатазы (на 12,5%), как маркерного фермента, отражающего состояние энергетического и минерального (кальциево-фосфорного) обмена при имевшейся тенденции к снижению уровня фосфора также может указывать на повышение энергообеспеченности клеток тканей в виде АТФ при использовании карнитина.

Снижение уровня билирубина на 22,3% и холестерина на 7,6% в сыворотке крови бычков, получавших карнитин, непосредственно может свидетельствовать об улучшении функциональной деятельности их печени.

Уровень кальция и магния был положительным и находился в пределах физиологической нормы у всех подопытных животных.

Заключение. Полученные результаты дают основания к широкому применению в кормлении молодняка крупного рогатого скота L-карнитина в «защищенной» форме. Физиологическое действие L-карнитина включает интенсификацию процессов преджелудочного пищеварения, повышение переваримости, усвоения питательных веществ кормов, что способствует увеличению обменно-

го фонда организма, оптимизацию в нем обменных процессов, при улучшении функциональной деятельности печени, обуславливая в целом ускорение роста животных.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Баренбойм Г.М., Маленков А.Г. Биологически активные вещества. Новые принципы поиска. М.: Наука, 1986.
- [2] Гулюшин С.Ю., Зернов Р.А. Доноры метильных групп — перспективные средства для профилактики хронических микотоксикозов // Сельскохозяйственная биология. 2011. 2: 21—31.
- [3] Копелевич В.М. Чудо карнитина. М.: Генезис, 2003.
- [4] Лантев Г.Ю., Кряжевских Л.А. Исследование бактериального сообщества в рубце с помощью метода T-RFLP // Молочное и мясное скотоводство. 2010. № 3. С. 16—18.
- [5] Циеленс Э.А. Метаболизм холина и реакции переметилирования. Рига: Знание, 1971.
- [6] Хеннинг А., Бокер Х., Флаховски Г., Ярайс Г., Отель М., Прузас Э., Вебер К. Эрготропики: Регуляторы обмена веществ и использования кормов сельскохозяйственными животными. Пер. с нем. М.: Агропромиздат, 1986.
- [7] Jacobs S. Praxiserfahrungen mit L-Carnitin. Lohmann Inform // Cuxhaven. 2001. 4: 23—27.
- [8] Kido Y., Tamai I., Ohnari A., Sai Y., Kagami T., Nezu J., Nikaido H., Hashimoto N., Asano M., Tsuji A. Functional relevance of carnitine transporter OCTN2 to brain distribution of L-carnitine and acetyl-L-carnitine across the blood-brain barrier // J. Neurochem. 2001. № 79. P. 959—969.
- [9] LaCount D.W., Drackley J.K., Weigel D.J. Responses of dairy cows during early lactation to ruminal or abomasal administration of L-carnitine // J. Dairy Sc. 1995. Vol. 78. N 8. P. 1824—1836.
- [10] Nunes C.S. A carnitina: implicacoes fisiologicas e nutricionais // Rev. port. Cienc. veter. 1996. Vol. 91. N 517. P. 50—55.
- [11] Preziuso F., Preziuso S. L-carnitina: funzioni fisiologiche in varie specie animali. Nota 1 // Ann. Fac. Med. Veter. Pisa. Pisa. 1999. Vol. 51. P. 169—188.
- [12] Szilagyi M. L-carnitine as essential methylated compound in animal metabolism // An overview Acta biol. hung. 1998. Vol. 49. N 2/4. P. 209—218.

CHARACTERISTICS DIGESTIVE AND METABOLIC PROCESSES IN GROWING BULLS ADDING TO THE DIET OF “PROTECTED” FORM OF L-CARNITINE

V.N. Romanov¹, N.V. Bogolubova¹, B.A. Devyatkin¹,
V.N. Grishin², L.A. Ilyina³

¹All-Russian State Research Institute of Animal Breeding
Dubrovitsy, Podolsk District, Moscow Region, 142132

²Department of standardization, metrology and technology of the livestock products
Peoples' Friendship University of Russia
Mikluho-Maklaya str., 8, Moscow, Russia, 117198

³ООО “Biotrof”
St. Petersburg, Russia, 192288

To study the efficiency of application of “protected” form of L — carnitine in ruminant rations held physiological studies on growing bulls with rumen canules. A positive physiological and productive action on the identified trends improve metabolic processes in rumen, increasing the digestibility of nutrients, increased retention of nitrogen, which leads to faster growth of young cattle.

Key words: ruminants, L-carnitine, metabolism in the rumen, symbiotic microflora, digestibility of nutrients, the retention of nitrogen, growth bulls.

REFERENCES

- [1] Barenbojm G.M., Malenkov A.G. *Biologicheski aktivnye veshhestva. Novye principy poiska*. M.: Nauka, 1986.
- [2] Guljushin S.Ju., Zernov R.A. Donory metil'nyh grupp — perspektivnye sredstva dlja profilaktiki hronicheskikh mikotoksikozov. *Sel'skhozjajstvennaja biologija*. 2011. 2: 21—31.
- [3] Kopelevich V.M. *Chudo karnitina*. M.: Genezis, 2003.
- [4] Laptev G.Ju., Krjazhevskih L.A. Issledovanie bakterial'nogo soobshhestva v rubce s pomoshh'ju metoda T-RFLP. *Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo*. 2010. № 3. S. 16—18.
- [5] Cielens Je.A. *Metabolizm holina i reakcii peremetilirovanija*. Riga: Znanie, 1971.
- [6] Henning A., Boker H., Flahovski G., Jarajs G., Otel' M., Pruzas Je., Veber K. *Jergotropiki: Reguljatory obmena veshhestv i ispol'zovanija kormov sel'skhozjajstvennymi zhivotnymi*. Per. s nem. M.: Agropromizdat, 1986.
- [7] Jacobs S. Praxiserfahrungen mit L-Carnitin. *Lohmann Inform. Cuxhaven*. 2001. 4: 23—27.
- [8] Kido Y., Tamai I., Ohnari A., Sai Y., Kagami T., Nezu J., Nikaido H., Hashimoto N., Asano M., Tsuji A. Functional relevance of carnitine transporter OCTN2 to brain distribution of L-carnitine and acetyl-L-carnitine across the blood-brain barrier. *J. Neurochem*. 2001. № 79. R. 959—969.
- [9] LaCount D.W., Drackley J.K., Weigel D.J. Responses of dairy cows during early lactation to ruminal or abomasal administration of L-carnitine. *J. Dairy Sc.* 1995. Vol. 78. N 8. P. 1824—1836.
- [10] Nunes C.S. A carnitina: implicacoes fisiologicas e nutricionais. *Rev. port. Cienc. veter.* 1996. Vol. 91. N 517. P. 50—55.
- [11] Preziuso F., Preziuso S. L-carnitina: funzioni fisiologiche in varie specie animali. Nota 1. *Ann. Fac. Med. Veter. Pisa. Pisa*. 1999. Vol. 51. P. 169—188.
- [12] Szilagyi M. L-carnitine as essential methylated compound in animal metabolism. *An overview Acta biol. hung.* 1998. Vol. 49. N 2/4. P. 209—218.