

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗНОГО СООТНОШЕНИЯ НЕЗАМЕНИМЫХ АМИНОКИСЛОТ В РАЦИОНАХ КОРОВ

© Буряков Н.П., Алешин Д.Е.



Николай Петрович Буряков

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева
Москва, Российская Федерация
e-mail: n.buryakov@rgau-msha.ru
ORCID: 0000-0002-6776-0835



Дмитрий Евгеньевич Алешин

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева
Москва, Российская Федерация
e-mail: d.aleshin@rgau-msha.ru
ORCID: 0000-0002-4119-1451

Повышение продуктивности и качества конечной молочной продукции коров является ключевым фактором для обеспечения населения качественными молочными продуктами питания и сохранения здоровья людей в условиях санкционной политики зарубежных стран. Целью наших исследований стало изучение разного соотношения лизина и метионина и его влияния на продуктивность и качество молока в первые месяцы лактации коров голштинской породы. Для проведения исследований на базе СХПК «Племзавод Майский» Вологодского района Вологодской области в 2021–2022 гг. были сформированы две группы коров по 8 животных в каждой. Животные опытной группы получали рацион, рассчитанный с использованием модели CNCPS и сбалансированный на содержание лизина – 6,8% и метионина – 2,6% от обменного протеина. Рационы для коров содержали сырого протеина 16,2% в контрольной и 15,6% в опытной группе коров, обменного белка – на одном уровне (11,1–11,2%) и были составлены при расчете молочной продуктивности 40,0 кг молока в сутки. Суточный удой 4%-й жирности в опытной группе преобладал на 2,0 кг, а натуральной – на 1,3 кг соответственно. В то же время валовой выход жира и сырого белка с молоком за 60 дней лактации возрос на 6,1 и 0,5 кг соответственно. Соотношение лизина и метионина в рационе на уровне 2,71 к 1,00 способствует достоверному снижению содержания лактозы в молоке коров на 0,21% по сравнению с контролем ($p < 0,05$). Вероятно, снижение уровня лактозы обусловлено падением синтеза глюкозы в пищеварительном тракте из-за их высокого расхода для синтеза микробного протеина и повышенного синтеза летучих жирных кислот, необходимых субстратов для синтеза молочного жира.

Аминокислоты, обменный протеин, продуктивность, молоко, характеристики молока коров.

Благодарность

Статья опубликована при финансовой поддержке в рамках реализации специальной части программы поддержки и развития университета «Приоритет 2030» (соглашение № 075-15-2023-220).

Введение

Кормление высокопродуктивных животных – сложный процесс взаимодействия питательных веществ, поступающих с рационами в организм животного. Питательные и биологически активные вещества являются основой высокой продуктивности и качества конечной животноводческой продукции (Трухачев и др., 2013; Головин и др., 2016; Глухов, 2020; Pandey et al., 2019; Buryakov et al., 2022).

Строительным материалом для любого организма являются белки, поэтому животные должны получать с рационом оптимальный уровень протеина, сбалансированного по содержанию аминокислот, чтобы синтезировать белки собственного тела и молока (Буряков и др., 2021; Wu, 2014; Buryakov et al., 2019).

В кормах аминокислоты могут находиться в составе белков, пептидов, а также в свободном состоянии (Li, Wu, 2020). Некоторые аминокислоты в составе белка являются незаменимыми, так как не могут синтезироваться в организме животных, поэтому они должны поступать с кормом (Лысиков, 2012; Сыровая и др., 2014; Петросян, Ляховка, 2021).

Бактерии и инфузории рубца жвачных осуществляют гидролиз белка с помощью протеолитических ферментов до пептидов и аминокислот. В рубце происходит дезаминирование аминокислот, в результате которого под действием бактериальных дезаминаз образуется основной метаболит азотистого обмена в рубце жвачных – аммиак (Curtis et al., 1976; Wang et al., 2022).

Избыток аммиака в рубце опасен тем, что он вызывает заметный сдвиг pH среды в щелочную сторону, что сопровожда-

ется подавлением жизнедеятельности полезной микрофлоры вплоть до ее гибели и существенно ингибирует катаболизм аминокислот и образование энергии в клетке; нарушает активный перенос одновалентных ионов через клеточные мембраны (Abdoun et al., 2006).

Одним из важных современных показателей протеинового питания жвачных является обменный белок. Он представляет сумму нерасщепляемого в рубце кормового и микробного белков, которые, распадаясь на аминокислоты, снабжают организм структурными элементами белка. Так, изучение процессов формирования обменного белка и его аминокислотного состава в организме коров имеет значение для повышения продуктивности жвачных животных и сохранения их здоровья (Hackmann, Firkins, 2015).

Бактерии рубца жвачных способны синтезировать все заменимые и незаменимые аминокислоты. Однако биосинтез белка в рубце не обеспечивает высокую молочную продуктивность, когда недостаток белка не удовлетворяется ни в количественном, ни в качественном отношении. Поэтому в рацион высокопродуктивных животных необходимо включать незаменимые аминокислоты, такие как метионин, изолейцин, лизин, гистидин (Boisen et al., 2000).

На сегодняшний день разработан подход для определения поступления аминокислот из пищеварительного тракта в кровь и установлены нормы потребности коров в обменном белке и обменных аминокислотах исходя из фактического содержания белка в молоке (AFRC (1992), NRC (2001), NRC (2009), INRA (2019) и др.). Однако в

настоящее время данных по количеству и качеству обменного белка по содержанию лизина и метионина, поступающего в кишечный тракт жвачных, а также его влиянию на продуктивность и состав молока недостаточно. В связи с этим целью наших исследований стало изучение повышения продуктивности коров и качественного состава молока при использовании разного соотношения незаменимых аминокислот в рационах животных.

Материал и методы исследования

Исследования проводили в 2021–2022 гг. на базе отделения «Лесково» СХПК «Племзавод Майский» Вологодской области. Для проведения опыта были сформированы две группы высокопродуктивных коров черно-пестрой породы во вторую фазу су-

хостоя по методу пар-аналогов в количестве 8 голов в группе (табл. 1).

При формировании групп учитывали породу, происхождение, живую массу, упитанность, номер лактации и молочную продуктивность. Коровы на момент постановки опыта находились в одинаковых условиях привязного содержания и не имели признаков алиментарных и метаболических заболеваний (Антонова и др., 2011).

Животные из контрольной группы получали сбалансированный рацион, применяемый в хозяйстве. Состав рациона коров приведен в табл. 2.

Рационы для подопытных групп животных рассчитаны с использованием модели CNCPS¹ и сбалансированы на содержание лизина – 6,8% и метионина – 2,6%

Таблица 1. Схема проведения опыта

Группа	Особенности кормления
Контрольная	Сбалансированный рацион, в котором соотношение лизина и метионина составляет 2,87:1 в обменном протеине
Опытная	Сбалансированный рацион, в котором соотношение лизина и метионина составляет 2,71:1 в обменном протеине

Источник: результаты исследований авторов.

Таблица 2. Состав рациона кормления подопытных коров, кг

Корм	Группа	
	контрольная	опытная
Сено тимopheевки	0,5	0,5
Силос клеверный	28,0	28,0
Зеносенаж ячменный	8,0	8,0
Комбикорм-концентрат (КК-60-3)	13,0	14,0
Свекловичная мелясса	1,5	1,0
Свекловичный жом (сухой)	1,5	1,0
Пальмовое масло	0,2	0,2
Защищенный метионин	–	0,008
Защищенный лизин	–	0,005
Соль поваренная	0,15	0,15
Бикарбонат натрия	0,1	0,1
Карбонат кальция	0,1	0,1

Источник: результаты исследований авторов.

¹ National Research Council (NRC) (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th ed. Washington: National Research Council. DOI: 10.17226/9825

Таблица 3. Питательность рационов коров, г

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Обменная энергия:		
МДж	265,5	269,0
Мкал	63,4	64,3
Сухое вещество, кг	26,0	26,0
Сырой протеин	4218,1	4051,6
фракция В2	543,3	530,2
Растворимый протеин	1683,5	1576,9
Обменный белок	2903,7	2882,0
из бактерий	1542,3	1559,2
из нерасщепляемого протеина	1361,4	1322,8
Лизин	184,8	186,8
Метионин	64,5	68,9
НДК с сырой золой	8071,8	7874,6
Физически активная НДК (peNDF)	5610,0	5460,0
НВУ	10510,8	10930,0
Сахара	1772,2	1472,2
Крахмал	5729,1	6617,8
Растворимая НДК	2441,6	2304,0
Сырой жир	1171,5	1194,7
Общие жирные кислоты (сырой жир)	923,6	947,3
Сырая зола	1739,9	1658,8
Кальций	215,7	206,9
Фосфор	104,8	102,2
Магний	67,9	63,1
Калий	471,1	446,2
Натрий	111,7	107,1

Источник: результаты исследований авторов.

от обменного протеина. Скармливание защищенных аминокислот осуществляли индивидуально в течение всего периода опыта в составе концентратной части рациона. Рационы для коров содержали сырого протеина 16,2% в контрольной и 15,6% в опытной группе, содержание обменного белка было на одном уровне (11,1–11,2%).

Питательность суточных рационов представлена в *табл. 3*.

Рационы кормления были разработаны по системе CNCPS на программе NDS (Nutritional Dynamic System CNCPS v6.5/v6.55) компании RUM&N (Италия) (*табл. 4*). Рацион содержал сухого вещества 26 кг и по ОЭ опытная группа коров превосходила

контроль на 3,5 МДж/сут., однако по концентрации обменной энергии оба рациона были практически одинаковыми (КОЭ 10,2–10,4 МДж/сут.) и соответствовали детализированным рекомендациям по кормлению молочного скота (Головин и др., 2016).

Молочную продуктивность учитывали методом контрольных доений. Образцы молока отбирали от каждого животного и переносили в персональный контейнер, хранили в холодильнике при температуре 4 °С до транспортировки в лабораторию. По данным контрольных доений рассчитывали суточные и валовые удои молока натуральной и 4%-й жирности.

Таблица 4. Баланс азота в рубце по системе CNCPS

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Обменный белок от ПСВ, %	11,2	11,1
из бактерий	53,1	54,1
из нерасщепляемого протеина	46,9	45,9
Лизин, г	184,8	186,8
% от обменного белка	6,37	6,48
% от сырого белка	4,38	4,61
Метионин, г	64,5	68,9
% от обменного белка	2,22	2,39
% от сырого белка	1,53	1,70
Отношение лизина к метионину	2,87:1,0	2,71:1,0
Аммонийный азот, г	71,5	52,9
Пептидный азот, г	164,6	141,2
Избыточный азот, г	14,8	13,0
Затраты энергии на синтез мочевины: МДж	0,46	0,42
Мкал	0,11	0,10

Источник: результаты исследований авторов.

Содержание качественных характеристик молока определяли в лаборатории селекционного контроля качества молока регионального информационно-селекционного центра АО «Московское» по племенной работе (г. Ногинск, Московская область) на приборе «Комби Фосс ФТ+». Выход молока с поправкой на энергию (ЕСМ) рассчитывали по формуле (Xie et al., 2021):

$$\text{ЕСМ (кг/день)} = (0,3246 \times \text{кг молока}) + (12,86 \times \text{кг жира}) + (7,04 \times \text{кг белка})$$

Для расчета, скорректированного на 4%-ю жирность молока (FCM) (Mierlita et al., 2003):

$$\text{FCM (кг/день)} = [(0,4 \times \text{кг молока}) + (0,15 \times \text{кг молока} \times \% \text{ жира})]$$

Результаты выражены в виде средних значений \pm стандартные ошибки. Перед выполнением статистического анализа данные подвергаются тестам Levene для проверки нормальности и однородно-

сти. Перед обработкой процентильных данных использовалось преобразование арксинуса. Данные были статистически проанализированы с использованием программы статистического анализа SPSS (2017), применялся независимый t-критерий Стьюдента.

Результаты исследования

В современном молочном скотоводстве важную роль играет не только количество (надои молока), но и содержание питательных веществ (белок, жир, лактоза) в молоке. Молочная продуктивность за период опыта была рассчитана исходя из данных суточных доений в течение первых 60 суток лактации (табл. 5).

Первые исследования по балансированию незаменимых аминокислот были проведены NRS (2001). Основное внимание уделяли лизину и метионину в составе рациона крупного рогатого скота. Дальнейшие исследования показали, что эти аминокислоты способствуют снижению риска недостатка аминокислот, улучшению состояния здоровья коров в переход-

Таблица 5. Молочная продуктивность коров за 60 дней лактации, кг

Показатель	Группа коров (n = 8)		% к контролю	P-value
	контрольная	опытная		
Суточный удой молока натуральной жирности	40,96 ± 2,750	42,24 ± 1,790	103,13	0,703
Валовой удой молока натуральной жирности	2457,5 ± 165,25	2534,2 ± 107,25	103,12	0,703
Суточный удой молока 4%-й жирности	39,07 ± 2,687	41,09 ± 1,784	105,22	0,540
Валовой удой молока 4%-й жирности	2344,0 ± 161,33	2465,7 ± 106,86	105,19	0,541
Массовая доля жира в молоке, %	3,71 ± 0,162	3,83 ± 0,159	+0,12	0,549
Валовой выход молочного жира, кг	90,7 ± 6,85	96,8 ± 4,92	106,73	0,484
Массовая доля белка в молоке, %*	3,24 ± 0,056	3,19 ± 0,071	-0,05	0,646
Валовой выход молочного белка*	80,0 ± 6,27	80,5 ± 2,52	100,63	0,935
Энергетически скорректированное молоко в сутки	1635,2 ± 144,48	1825,5 ± 73,32	111,64	0,260

* Сырой протеин.
Источник: результаты исследований авторов.

Таблица 6. Показатели эффективности кормления и химического состава молока коров черно-пестрой породы за 60 дней лактации

Показатель	Группа коров (n = 8)		% к контролю	P-value
	контрольная	опытная		
Расход концентрированных кормов на 1,00 кг молока натуральной жирности, г	410,5	389,1	94,79	n/o
Сухое вещество, %	12,71 ± 0,164	12,60 ± 0,210	-0,11	0,703
Сухое вещество, кг	312,6 ± 21,98	318,4 ± 11,37	101,86	0,812
СОМО, %	9,05 ± 0,083	8,83 ± 0,140	-0,22	0,200
СОМО, кг	223,1 ± 16,18	223,0 ± 7,55	99,96	0,998
Истинный белок, %	3,07 ± 0,059	3,03 ± 0,072	-0,04	0,634
Истинный белок, кг	76,0 ± 6,05	76,4 ± 2,44	100,53	0,960
Лактоза, %	5,01 ± 0,050a	4,80 ± 0,073b	-0,21	0,033
Лактоза, кг	123,2 ± 8,63	121,3 ± 4,78	98,46	0,844
pH, ед.	6,64 ± 0,014a	6,57 ± 0,016b	98,95	0,004

Источник: результаты исследований авторов.

ный период, увеличению надоев молока и его компонентов.

Согласно полученным данным и результатам контрольных доений отмечено, что наблюдалось повышение суточных удоев молока натуральной, 4%-й жирности и скорректированной по энергии.

Включение защищенных источников метионина и лизина в суточные рационы коров положительно сказалось на молочной продуктивности за опытный период. Так, валовой удой молока у коров, получавших кормовые добавки, был несколько выше, чем у животных из контрольной группы. Так, суточный удой 4%-й жирно-

сти в опытной группе преобладал на 2,0 кг, а натуральной – на 1,3 кг соответственно. В то же время валовой выход жира и сырого белка с молоком за 60 дней лактации возрос на 6,1 и 0,5 кг соответственно. Животные из опытной группы по массовой доле жира в молоке превосходили своих сверстниц из контроля.

У животных, получавших в составе рациона аминокислоты, наблюдались достоверные изменения в составе компонентов молока (табл. 6).

В процессе изучения наблюдали изменение показателей зоотехнической эффективности производства. Так, балансирова-

ние рациона по метионину и лизину за счет использования защищенных форм способствовало значительному снижению затрат дорогостоящих концентрированных кормов на 5,2% по сравнению с контролем.

Балансирование рационов по аминокислотам способствовало снижению содержания массовой доли лактозы в молоке на 0,21% по сравнению с контролем ($p < 0,05$). Вероятно, снижение уровня лактозы обусловлено снижением синтеза глюкозы в пищеварительном тракте из-за их высокого расхода для синтеза микробного протеина и повышенным синтезом летучих жирных кислот, важных субстратов для синтеза молочного жира. Анализ состава молока показал, что при увеличении суточного удоя закономерно повышается концентрация лактозы и белка в молоке, а содержание лактозы снижается. Интенсивная лактация обусловлена тем, что аминокислоты метаболизируются в глюкозу и через нее могут использоваться для синтеза энергии и жира. При этом наблюдается высокий выход белка с молоком, при низком уровне лактозы обусловленный неоптимальным углеводным

питанием. Аналогичные значения были обнаружены при оценке показателя рН молока на 0,07 ед., что, вероятно, обусловлено более высоким содержанием минеральных веществ, органических кислот (аскорбиновая кислота, свободные жирные кислоты и др.), минеральных солей (фосфаты, цитраты) и белков.

Выводы

Комплексные исследования по изучению включения защищенного лизина и метионина в разных соотношениях в обменном протеине в состав рационов высокопродуктивных лактирующих коров позволяют сделать следующие выводы.

Включение в период раздоя в рационы коров защищенных незаменимых аминокислот (лизина и метионина) способствует повышению суточных удоев молока. В то же время отношение лизина к метионину на уровне 2,71 к 1,00 способствует снижению содержания лактозы в молоке.

Расход концентрированных кормов на 1 кг молока при применении защищенных аминокислот снизился на 5,2% относительно контрольной группы.

ЛИТЕРАТУРА

- Антонова В.С., Топурия Г.М., Косилов В.И. (2011). Методология научных исследований в животноводстве. Оренбург: ИЦ ОГАУ. 244 с.
- Буряков Н.П., Бурякова М.А., Заикина А.С., Касаткина И.А., Алешин Д.Е. (2021). Применение белкового концентрата из белого люпина и мясокостной муки в кормлении лактирующих коров // Главный зоотехник. № 3 (212). С. 14–27. DOI: 10.33920/sel-03-2103-02
- Глухов Д. (2020). Эффективное использование протеина в рационах для коров // Животноводство России. № 12. С. 49–54. DOI: 10.25701/ZZR.2020.57.97.001
- Головин А.В., Аникин А.С., Первов Н.Г. [и др.] (2016). Рекомендации по детализированному кормлению молочного скота: справочное пособие. Дубровицы: ВИЖ им. Л.К. Эрнста. 242 с.
- Лысыков Ю.А. (2012). Аминокислоты в питании человека // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. № 2. С. 88–105.
- Петросян Н.С., Ляховка Д.Р. (2021). Роль аминокислот в рационах крупного рогатого скота // Новые импульсы развития: вопросы научных исследований: сб. статей X Междунар. науч.-практ. конф. Саратов: НОО «Цифровая наука». С. 123–126.
- Сыровая А.О., Шаповал Л.Г., Макаров В.А. [и др.] (2014). Аминокислоты глазами химиков, фармацевтов, биологов: в 2-х т. Т. 1. Харьков: Щедра садиба плюс. 228 с.

- Трухачев В.И., Филенко В.Ф., Задорожная В.Н. [и др.] (2013). Особенности технологии подготовки компонентов кормовых добавок нового поколения для сельскохозяйственных животных // Вестник АПК Ставрополя. № 2 (10). С. 92–96.
- Abdoun K., Stumpff F., Martens H. (2006). Ammonia and urea transport across the rumen epithelium: A review. *Animal Health Research Reviews*, 7 (1-2), 43–59. DOI: 10.1017/S1466252307001156
- Boisen S., Hvelplund T., Weisbjerg M. (2000). Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. *Livestock Production Science*, 64 (2-3), 239–251. DOI: 10.1016/s0301-6226(99)00146-3
- Buryakov N., Aleshin D., Buryakova M. [et al.] (2022). Productive performance and blood biochemical parameters of dairy cows fed different levels of high-protein concentrate. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 852240. DOI: 10.3389/fvets.2022.852240
- Buryakov N.P., Buryakova M.A., Zaikina A.S. [et al.] (2019). Influence of protein concentrate in the diet on productivity and amino acid composition of cow milk. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The Proceedings of the Conference AgroCON-2019*, 012057. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012057
- Curtis S., Neville R., William C. (1976). Degradation of amino acids by pure cultures of rumen bacteria. *Journal of Animal Science*, 43 (4), 821–827. DOI: 10.2527/jas1976.434821x
- Hackmann T.J., Firkins J.L. (2015). Maximizing efficiency of rumen microbial protein production. *Frontiers in Microbiology*, 6, 465. DOI: 10.3389/fmicb.2015.00465
- Li P., Wu G. (2020). Composition of amino acids and related nitrogenous nutrients in feedstuffs for animal diets. *Amino Acids*, 52, 523–542. DOI: 10.1007/s00726-020-02833-4
- Mierlita D., Santa A., Mierlita S. [et al.] (2003). The effects of feeding milled rapeseed seeds with different forage: Concentrate ratios in jersey dairy cows on milk production, milk fatty acid composition, and milk antioxidant capacity. *Life*, 13, 46. DOI: 10.3390/life13010046
- Pandey A.K., Kumar P., Saxena M.J. (2019). Feed additives in animal health. In: Gupta R., Srivastava A., Lall R. (eds.). *Nutraceuticals in Veterinary Medicine*. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-04624-8_23
- Wang Q., Ren Y., Cui Y. [et al.] (2022). *Bacillus subtilis* produces amino acids to stimulate protein synthesis in ruminal tissue explants via the phosphatidylinositol-4,5-bisphosphate-3-kinase catalytic subunit beta-serine/threonine-kinase-mammalian target of rapamycin complex 1 pathway. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 852321. DOI: 10.3389/fvets.2022.852321
- Wu G. (2014). Dietary requirements of synthesizable amino acids by animals: A paradigm shift in protein nutrition. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5, 34. DOI: 10.1186/2049-1891-5-34
- Xie Y., Miao C., Lu Y., Sun H., Liu J. (2021). Nitrogen metabolism and mammary gland amino acid utilization in lactating dairy cows with different residual feed intake. *Animal Bioscience*, 34 (10). 1600–1606. DOI: 10.5713/ab.20.0821

Сведения об авторах

Николай Петрович Буряков – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой кормления животных, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 54; e-mail: n.buryakov@rgau-msha.ru)

Дмитрий Евгеньевич Алешин – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры кормления животных, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 54; e-mail: d.aleshin@rgau-msha.ru)

MILK PRODUCTIVITY AND QUALITY INDICATORS WHEN USING DIFFERENT RATIOS OF ESSENTIAL AMINO ACIDS IN COW DIETS

Buryakov N.P., Aleshin D.E.

Increasing the productivity and quality of the final dairy products of cows is a key factor for the provision of high-quality dairy products and preserving human health in the context of the sanctions policy of foreign countries. The aim of our research was to study the different ratio of lysine and methionine and its effect on milk productivity and quality in the first months of lactation of the Holstein breed of cows. In 2021–2022, two groups of cows with eight animals in each were formed on the basis of the integrated agricultural production center “Plemzavod Maysky” in Vologodsky District of the Vologda Region. The animals of the experimental group received a diet calculated using the CNCPS model and balanced for the content of lysine – 6.8% and methionine – 2.6% of the metabolizable protein. The rations for cows contained 16.2% crude protein in the control and 15.6% in the experimental group of cows, the metabolizable protein was at the same level (11.1–11.2%) and were compiled when calculating the milk productivity of 40.0 kg of milk per day. The daily yield of 4% fat content in the experimental group prevailed by 2.0 kg, and in the natural – by 1.3 kg, respectively. At the same time, the gross yield of fat and raw protein with milk increased by 6.1 and 0.5 kg, respectively, over 60 days of lactation. The ratio of lysine and methionine in the diet at the level of 2.71 to 1.00 contributes to a significant decrease in the lactose content in cow milk by 0.21% compared with the control ($p < 0.05$). Probably, the decrease in lactose levels is due to a decrease in glucose synthesis in the digestive tract due to their high consumption for the synthesis of microbial protein and increased synthesis of volatile fatty acids, necessary substrates for the synthesis of milk fat.

Amino acids, metabolic protein, productivity, milk, characteristics of cow milk.

REFERENCES

- Abdoun K., Stumpff F., Martens H. (2006). Ammonia and urea transport across the rumen epithelium: A review. *Animal Health Research Reviews*, 7 (1-2), 43–59. DOI: 10.1017/S1466252307001156
- Antonova V.S., Topuriya G.M., Kosilov V.I. (2011). *Metodologiya nauchnykh issledovaniy v zhivotnovodstve* [Methodology of Scientific Research in Animal Husbandry]. Orenburg: ITs OGAU.
- Boisen S., Hvelplund T., Weisbjerg M. (2000). Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. *Livestock Production Science*, 64 (2-3), 239–251. DOI: 10.1016/s0301-6226(99)00146-3
- Buryakov N., Aleshin D., Buryakova M. et al. (2022). Productive performance and blood biochemical parameters of dairy cows fed different levels of high-protein concentrate. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 852240. DOI: 10.3389/fvets.2022.852240
- Buryakov N.P., Buryakova M.A., Zaikina A.S. et al. (2019). Influence of protein concentrate in the diet on productivity and amino acid composition of cow milk. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The Proceedings of the Conference AgroCON-2019*, 012057. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012057
- Buryakov N.P., Buryakova M.A., Zaikina A.S., Kasatkina I.A., Aleshin D.E. (2021). The use of protein concentrate from white lupin and meat and bone meal in feeding lactating cows. *Glavnyi zootekhnicheskii zhurnal. Head of Animal Farming*, 3(212), 14–27. DOI: 10.33920/sel-03-2103-02 (in Russian).

- Curtis S., Neville R., William C. (1976). Degradation of amino acids by pure cultures of rumen bacteria. *Journal of Animal Science*, 43 (4), 821–827. DOI: 10.2527/jas1976.434821x
- Glukhov D. (2020). Effective use of protein in diets for cows. *Zhivotnovodstvo Rossii=Animal Husbandry in Russia*, 12, 49–54. DOI: 10.25701/ZZR.2020.57.97.001 (in Russian).
- Golovin A.V., Anikin A.S., Pervov N.G. et al. (2016). *Rekomendatsii po detalizirovannomu kormleniyu molochnogo skota: spravochnoe posobie* [Recommendations for Detailed Feeding of Dairy Cattle: Reference Guide]. Dubrovitsy: VIZh im. L.K. Ernsta.
- Hackmann T.J., Firkins J.L. (2015). Maximizing efficiency of rumen microbial protein production. *Frontiers in Microbiology*, 6, 465. DOI: 10.3389/fmicb.2015.00465
- Li P., Wu G. (2020). Composition of amino acids and related nitrogenous nutrients in feedstuffs for animal diets. *Amino Acids*, 52, 523–542. DOI: 10.1007/s00726-020-02833-4
- Lysikov Yu.A. (2012). Amino acids in human nutrition. *Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya=Experimental and clinical gastroenterology*, 2, 88–105 (in Russian).
- Mierlita D., Santa A., Mierlita S. et al. (2003). The effects of feeding milled rapeseed seeds with different forage: Concentrate ratios in jersey dairy cows on milk production, milk fatty acid composition, and milk antioxidant capacity. *Life*, 13, 46. DOI: 10.3390/life13010046
- Pandey A.K., Kumar P., Saxena M.J. (2019). Feed additives in animal health. In: Gupta R., Srivastava A., Lall R. (Eds.). *Nutraceuticals in Veterinary Medicine*. Cham: Springer. DOI: 10.1007/978-3-030-04624-8_23
- Petrosyan N.S., Lyakhovka D.R. (2021). The role of amino acids in the diets of cattle. In: *Novye impul'sy razvitiya: voprosy nauchnykh issledovaniy: sb. statei X Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [New Impulses of Development: Issues of Scientific Research: Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference]. Saratov: NOO "Tsifrovaya nauka" (in Russian).
- Syrovaya A.O., Shapoval L.G., Makarov V.A. et al. (2014). *Aminokisloty glazami khimikov, farmatsevtov, biologov: v 2-kh t. T. 1* [Amino Acids through the Eyes of Chemists, Pharmacists, Biologists: in 2 Volumes. Volume 1]. Kharkiv: Shchedra sadiba plyus.
- Trukhachev V.I., Filenko V.F., Zadorozhnaya V.N. et al. (2013). Features of the technology of preparation of components of feed additives of a new generation for farm animals. *Vestnik APK Stavropol'ya*, 2(10), 92–96 (in Russian).
- Wang Q., Ren Y., Cui Y. [et al.] (2022). *Bacillus subtilis* produces amino acids to stimulate protein synthesis in ruminal tissue explants via the phosphatidylinositol-4,5-bisphosphate-3-kinase catalytic subunit beta-serine/threonine-kinase-mammalian target of rapamycin complex 1 pathway. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 852321. DOI: 10.3389/fvets.2022.852321
- Wu G. (2014). Dietary requirements of synthesizable amino acids by animals: A paradigm shift in protein nutrition. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5, 34. DOI: 10.1186/2049-1891-5-34
- Xie Y., Miao C., Lu Y., Sun H., Liu J. (2021). Nitrogen metabolism and mammary gland amino acid utilization in lactating dairy cows with different residual feed intake. *Animal Bioscience*, 34(10). 1600–1606. DOI: 10.5713/ab.20.0821

Information about the authors

Nikolai P. Buryakov – Doctor of Sciences (Biology), Professor, head of the Animal Feeding Department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Street, Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: n.buryakov@rgau-msha.ru)

Dmitrii E. Aleshin – Candidate of Sciences (Biology), Senior Lecturer at the Department of Animal Feeding, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Street, Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: d.aleshin@rgau-msha.ru)