

На правах рукописи



Тантави Абуелькассем Абубакр Абделвахаб Ахмед

ПОТРЕБНОСТЬ КОРОВ В НЕЗАМЕНИМЫХ АМИНОКИСЛОТАХ

06.02.08 – кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных
животных и технология кормов

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Краснодар – 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор,
академик РАН
Рядчиков Виктор Георгиевич

Официальные оппоненты: **Буряков Николай Петрович**
доктор биологических наук, профессор,
заведующий кафедрой кормления
и разведения животных ФГБОУ ВО
«Российский государственный аграрный
университет - МСХА имени
К. А. Тимирязева»

Тищенко Петр Иванович
доктор биологических наук, старший научный
сотрудник, профессор кафедры кормления
и кормопроизводства ФГБОУ ВО «Москов-
ская государственная академия ветеринарной
медицины и биотехнологии - МВА имени
К. И. Скрябина»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Донской государственный
аграрный университет»

Защита диссертации состоится «27» февраля 2020 года в 09.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.038.01 на базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, (главный корпус, 1 этаж, ауд. 106), тел. 8(861)2215892.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке университета и на сайтах: ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» - [http:// www.kubsau.ru](http://www.kubsau.ru) и ВАК - <http://vak.minobrnauki.gov.ru>.

Автореферат разослан « __ » _____ 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук



Л. Н. Скворцова

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. При производстве молока не более 30 % белка рациона трансформируются у коров в белок молока [S. I. Arriola-Arelo, 2014, P. Nuhtanen и A. N. Hristov, 2009, J. Dijkstra, 2013]. Остальная часть – азот непереваренных остатков корма, аммиака, мочевины теряется с мочой и калом, загрязняя окружающую среду [C. Lee, 2012 и R. J. Higgs, 2012]. Белковые добавки – наиболее затратная по стоимости часть рациона, поэтому вопрос оптимизации белкового питания с точки зрения снижения затрат на производство молока и улучшения экологической ситуации остается актуальным в мировой науке и практике [Е. Л. Харитонов и Д. Г. Погосян, 2011, Н. В. Курилов 1987, L. E. USEPA, 2011, J. G. Fadel, 2013].

Белковое питание жвачных следует рассматривать как аминокислотное питание, поскольку не белок как таковой, а аминокислоты (АК) являются основными участниками образования белков молока, тканей, органов и биологически активных веществ (БАВ), играющих важную роль в обеспечении жизненных функций организма. Балансирование состава рационов коров не по количеству белка, а по количеству незаменимых аминокислот создаст реальную перспективу организации белкового питания на более совершенной научной основе, направленной на снижение затрат белка на производство молока [S. Tamminga, 2007, L. F. Ferraretto, 2016, и T. Barros, 2016]. Поэтому разработка норм потребности коров в незаменимых аминокислотах является важнейшей задачей.

Обменный белок является основным источником истинно абсорбированных аминокислот. Определение обменного белка и обменных аминокислот – важная, но весьма непростая задача. Для этого нужно знать точное количество поступающих белковых фракций (МСБ, НРБ) в тонкий кишечник в составе дуоденального потока химуса, их переваримость, поступление обменных незаменимых аминокислот (ОНАК) из кишечника в кровяное русло и коэффициенты их использования на биосинтез белка молока и поддержание. Эти определения проводят на хирургически оперированных коровах с созданием фистул и установкой в них канюль на рубце [S. L. Laflin, 2004, S. J. Krizsan, 2010] и тонком кишечнике (на двенадцатиперстной (duodenum) и подвздошной (ileum) кишках).

К настоящему времени имеются очень ограниченные данные о потребности лактирующих коров в НАК. По данным NRC, 2001 потребность коров в обменном лизине – 7,2 %, обменном метионине – 2,4 % от обменного белка, но постоянные нормы в НАК не установлены.

Цель исследования. Определить потребность лактирующих коров в усвояемых (обменных) незаменимых АК факториальным методом.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

- установить потребность в усвояемых (обменных) незаменимых АК на продукцию молока и на поддержание;
- провести экспериментальную оценку обеспеченности рационов высокопродуктивных коров первотелок голштинской породы обменными аминокислотами по их выходу в дуоденальном потоке химуса;
- изучить обмен азота (микробного и нераспадаемого) в зависимости от уровня и распадаемости в рационах СБ;
- установить действие опытных рационов на молочную продуктивность коров и экономические показатели в зависимости от сбалансированности по незаменимым аминокислотам.

Научная новизна. Впервые разработаны нормы потребности в обменных незаменимых аминокислотах для лактирующих коров (г/кг) молока с содержанием 3,3% СБ (33 г/кг) и 3,15 % ЧБ (31,5 г/кг) и на поддержание $1 \text{ кг/жм}^{0,75}$, позволяющее рассчитывать суточную потребность в абсолютном количестве аминокислот (г). Оценка обеспеченности рационов лактирующих коров обменными лизином показала совпадение с нормами потребности в размере 93 %; надои натурального молока при такой обеспеченности лизином и метионином составили 38,7 и 39,4 кг/д. Обеспеченность обменным метионином оказалось на уровне 77-85 %, что объясняется неотработанностью коэффициентов трансформации обменного метионина в чистый метионин белка молока. В общем дуоденальном потоке аминокислот примерно 60-70 % приходится на микробный белок и 30-40 % – на НРБ. Установлено, что переваримость сухого и органического вещества в рубце и общем пищеварительном тракте при отношении НРБ:РРБ 35:65 % СБ на 2-3 % (абсолютных) выше, чем при отношении НРБ:РРБ = 50:50 % СБ.

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработана и апробирована методика определения потребности лактирующих коров в обменных аминокислотах. Объективно установлены нормы потребности лактирующих коров в обменных незаменимых аминокислотах лизине, метионине и гистидине; эффективность использования этих норм проверена в производственных условиях молочного центра учхоза «Краснодарское». В результате корректировки аминокислотного состава практических рационов молочная продуктивность коров повысилась с 35 до 37 кг/д. Получено основание для рекомендации использования разработки при составлении практических рационов для высокопродуктивных коров.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность результатов исследований обоснована достаточным поголовьем животных, подбором аналогичных животных для хирургического обустройства фистулами и канюлями, выполнением необходимого спектра исследований биологических материалов и использованием объективных методов статистического анализа.

Основные положения и результаты диссертации доложены и обсуждены на III Международной научно-практической интернет-конференции (2018), XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края (2017), Международной научно-практической конференции «Инновации в повышении продуктивности сельскохозяйственных животных» (2017), международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты кормления сельскохозяйственных животных» (2018), международной научно-практической конференции «Современные проблемы в животноводстве: состояние, решения, перспективы» (2019).

Публикации результатов исследований. По материалам диссертации опубликовано 15 научных статей, в том числе 4 – в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России (1 – в Трудях Кубанского государственного аграрного университета (2018 г.), 1 – в Журнале фундаментальных и прикладных исследований «Естественные науки» (2017 г.), 2 – в Научном журнале КубГАУ (2019 г.).

Положения, выносимые на защиту:

- разработанный вариант факториальной модели определения потребности лактирующих коров в незаменимых аминокислотах соответствует нормам NRC-2001, полученным на основании ответной реакции на пострубцовое инфузирование растворов аминокислот лизина и метионина;

- разработанные нормы потребности в обменных незаменимых аминокислотах для лактирующих коров (г/кг) молока с содержанием 3,3% СБ (33 г/кг) и 3,15 % ЧБ (31,5 г/кг) и на поддержание 1 кг/жм0,75 позволяют рассчитывать суточную потребность в абсолютном количестве аминокислот (г);

- обеспеченность рационов лактирующих коров обменным лизином разработанным методом показала совпадение с нормами потребности на 93 %; надои натурального молока при такой обеспеченности лизином составили 38,7 и 39,4 кг/д.

- при использовании коэффициента 0,66 обеспеченность организма коровы обменным метионином составила 77-85 %; при использовании коэффициента 0,82 обеспеченность обменным метионином оказывается на уровне 85-98 %.

- в общем дуоденальном потоке аминокислот примерно 60-70 % приходится на микробный белок и 30-40 % – на НРБ.

- при отношении НРБ:РРБ 35:65 % СБ обеспечивается более высокая переваримость сухого и органического вещества корма в рубце и общем пищеварительном тракте, чем при отношении НРБ:РРБ = 50:50 % СБ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из следующих разделов: введение, обзор литературы, материалы и методы исследований, результаты исследований и их обсуждение, экономическое обоснование результатов исследований, заключение, выводы, предложение производ-

ству, список использованной литературы. Работа изложена на 127 страницах печатного текста, содержит 25 таблиц, 4 рисунка. Список использованной литературы включает 205 источников, в том числе 108 – на иностранном языке.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования были проведены в учебно-производственном центре по молочному животноводству учхоза «Краснодарское» Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина и на кафедре физиологии и кормления сельскохозяйственных животных в период с сентября 2017 по январь 2018 года. Экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» на период 2016–2020 г (тема 8: «Разработка новых методов и способов производства высококачественной продукции животноводства в Краснодарском крае на основе современных ресурсосберегающих адаптированных систем и технологий»; регистрационный номер АААА-А16-116022410037-1).

2.1 Факториальный метод. включает определение потребности на: а) основной обмен (поддержание); б) биосинтез белков продукции (молока, живой массы, развитие плода). Для решения этого вопроса мы применили следующий методический подходы:

- определении потребности в аминокислотах на: а) основной обмен (поддержание); б) биосинтез белков продукции (молоко, прирост живой массы, рост); и разработка для этого специальных уравнений;
- расчет потребности в чистых и обменных белке и аминокислотах на основе знания аминокислотного состава белков молока, тела, ткани, органов и др;
- потребность в чистых и обменных белке и незаменимых аминокислотах на поддержание мы определили по уравнениям Swanson, 1977, 1982г, в соответствии с которыми определили количество эндогенного белка и АК тела, поверхностного эндогенного белка и эндогенного белка пищеварительного тракта;
- эффективность использования (конверсии) обменных белка и незаменимых аминокислот в чистые белок и аминокислоты белка молока определили по коэффициентом Doerel 2004;
- использование коэффициента 0,8 для перевода аминокислот дуоденального химуса в обменные (усвоенные) аминокислоты по (NRC-2001), коэффициентов трансформация обменных аминокислот в чистые их аналоги на поддержание по рекомендациям CNCPS (Корнельского университета, США);

В качестве модельного животного взята корова первотелка-Голштинской породы, живая масса 600 кг, средне суточный надой натурального молока на 12-ой неделе лактации после отела 35 кг, содержание жира в молоке 3,6 %, содержание СБ 3,3 %, чистого белка 3,15 %.

2.2 Определение эффективности использования азота и аминокислот, обеспеченности рационов обменным белком и незаменимыми аминокислотами в зависимости от уровня белка и его распадаемости в рационах лактирующих коров. Характеристика рационов: 1-й рацион: 15,7 % СБ, НРБ:РРБ в процентах СВ= 7,6:8,2, в процентах СБ – 48,3:51,7 (округленно 50:50); 2-ой рацион: также 15,7 % СБ, НРБ:РРБ = 5,4:10,3 % СВ и 34,5:65,5 % СБ (35:65); 3-й рацион: 17,7 % СБ, НРБ:РРБ = 9,1:8,7 % СВ и 51,1:48,9 % СБ (50:50); 4-й рацион: 17,7 % СБ, НРБ:РРБ = 6,3:11,4 % СВ и 35,5:64,5 % СБ (35:65) (таблица 1). Эксперимент проводили на четырех голштинских коровах-первотелках, близких по возрасту и массе тела. Животные в период 12±5 дней после отела были хирургически обустроены дуоденальными канюлями.

Таблица 1 – Состав опытных рационов, % СВ

| Компоненты | Рацион 1 | Рацион 2 | Рацион 3 | Рацион 4 |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|
| Солома | 3,90 | 3,90 | 3,90 | 3,90 |
| Силос кукурузный | 27,90 | 27,10 | 24,40 | 25,30 |
| Сенаж люцерн. | 20,50 | 20,50 | 19,70 | 20,70 |
| Кукуруза | 16,76 | 17,67 | 16,42 | 16,51 |
| Ячмень | 7,81 | 8,81 | 6,40 | 5,90 |
| Рапсовый жмых | 7,70 | 7,60 | 10,20 | 10,10 |
| Соевый жмых | 12,20 | - | 15,70 | - |
| Соевый шрот | - | 10,80 | - | 13,90 |
| Мегалак1 | 1,00 | 1,46 | 1,00 | 1,46 |
| Премикс2 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Соль | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| Сода пищевая | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| Руменезин | 0,024 | 0,024 | 0,024 | 0,024 |
| Биоспринт3 | 0,024 | 0,024 | 0,024 | 0,030 |
| Био Токс | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| Ниацин | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| MgO | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| Смартамин4 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| содержится в 1 кг СВ | | | | |
| ОЭ, МДж | 11,05 | 11,11 | 11,26 | 11,24 |
| СБ, г | 157,54 | 157,73 | 177,13 | 176,41 |
| НРБ, г | 76,11 | 54,4 | 90,57 | 62,64 |
| РРБ, г | 81,38 | 103,26 | 86,67 | 113,83 |
| НРБ, % СВ | 7,61 | 5,44 | 9,06 | 6,26 |
| РРБ, % СВ | 8,18 | 10,3 | 8,67 | 11,4 |

| | | | | |
|----------|------|------|------|------|
| НРБ,% СБ | 48,3 | 34,5 | 51,1 | 35,5 |
| РРБ,% СБ | 51,7 | 65,5 | 48,9 | 64,5 |

Продолжение таблицы 1

| Компоненты | Рацион 1 | Рацион 2 | Рацион 3 | Рацион 4 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|
| НДК, г | 340,44 | 340,49 | 333,31 | 337,6 |
| фэНДК, г | 255,1 | 282,57 | 236,02 | 244,74 |
| КДК, г | 201,62 | 218,81 | 201,34 | 204,64 |
| НСУ | 379,5 | 382,55 | 367,49 | 370,5 |
| Са, г общий | 7,67 | 8,08 | 7,92 | 7,33 |
| - - доступный | 4,13 | 4,017 | 4,13 | 3,84 |
| Р, г общий | 4,17 | 4,37 | 4,48 | 4,37 |
| - - доступный | 2,32 | 2,714 | 2,77 | 2,86 |
| Mg, г | 5,14 | 4,75 | 4,52 | 4,63 |
| К, г | 12,48 | 15,36 | 12,8 | 12,92 |
| S, г | 1,64 | 1,136 | 1,05 | 1,05 |
| Na, г | 2,87 | 2,825 | 2,86 | 2,78 |
| Cl, г | 2,18 | 2,742 | 2,48 | 2,5 |
| СЗ, г | 67,37 | 71,92 | 69,25 | 67,53 |
| СЖ, г | 48,04 | 47,94 | 52,82 | 47,95 |

Эксперимент был проведен после 30-дневного восстановительного периода; он состоял из 4 периодов по 22 дня каждый. Адаптационный период при переводе на новый рацион составлял 12 дней, учетный – 10 дней (учет молока, кормов – 10 дней, отбор проб дуоденального химуса – 3 дня, круглосуточный сбор мочи – 4 дня).

В течение опытных периодов осуществляли клиническое обследование коров: осмотр и определение температуры тела (ректально), оценку потребления корма, контроль молочной продуктивности (путем индивидуального учета надоя при двукратном доении в 07:00 ч и 19:00 ч). Опыт проводился по схеме латинского квадрата (4x4) (таблица 2). Опыт проводился по схеме латинского квадрата (4x4) (таблица 2). Оценку рационов выполнили на 3 группах первотелок, подобранных по принципу аналогов по возрасту и массе тела, по 16 голов каждая.

Таблица 2 – Схема латинского квадрата

| № коровы | 15560 | 15586 | 15618 | 15638 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| рационы | | | | |
| 1 период: | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 период: | 4 | 1 | 2 | 3 |
| 3 период: | 3 | 4 | 1 | 2 |
| 4 период: | 2 | 3 | 4 | 1 |

Отбор дуоденального химуса проводили по методике ВНИФБиП. Образцы дуоденального химуса отбирали каждые 3 часа в течение последних 3-х дней каждого опытного периода; объем каждой пробы – 250 мл.

Гематологические исследования выполнены в Краснодарском научно-исследовательском ветеринарном институте. Забор крови проводился по плану исследований: в последний день каждого периода. В сыворотке крови определяли общий белок (колориметрически), белковые фракции (нефелометрически), мочевины (цветной реакцией с диацетилмонооксимом и тиосемикарбазидом), глюкозу (ферментативно), активность трансаминаз – с помощью наборов фирмы «ДДС». Выполнили комплекс исследований крови на маркеры функции печени и почек и минеральные элементы.

Контроль молочной продуктивности осуществляли путем ежедневного индивидуального учета надоя при двукратном доении; далее определяли содержание жира и белка на приборе Ultra sonic milk analyzer «лактан» model 500.

Отбор и исследование мочи. Общее количество мочи определяли по результатам отбора от каждой коровы (круглосуточно). Из суточного отбора брали пробу в размере 5 %, пробы за 4 дня объединяли. Мочу за каждый день отбирали в полиэтиленовые канистры объемом 20 л.

Математическую обработку данных провели в программе SAS Institute (2003). SAS Users Guide: Statistics. SAS Intstitute, Cary, NC. Duncan D. B. (1955). Multiple ranges and multiple F-test. Biometric, 11:1042.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Модель определения норм потребности в незаменимых аминокислотах для лакирующих коров

3.1.1 Потребность на продукцию молока и поддержание жизни.

А. в соответствии с параметрами (% белка, среднесуточный надой молока) определяли потребность в чистых и обменных молочном белке и в 10 незаменимых аминокислотах.

1. Определение содержания чистого белка и, в качестве примера, чистых лизина и метионина. Потребность в обменном белке (ОБ) на биосинтез ЧБ молока рассчитывали, используя коэффициент трансформации по NRC, (2001), равный 0,67. В наших исследованиях конверсия ОБ в ЧБ молока также составила 0,67 [В. Г. Рядчиков, 2016].

Для определения потребности в ОБ, О-Лиз и О-Мет разработаны 5 уравнений, которые представлены в диссертации.

Б. Потребность на поддержание.

а) в соответствии с живой массой модельного животного (600 кг) определяем потребность на поддержание мышечных белков и внутренних органов по уравнению Swanson (1977).

б) затраты на поверхностный белок (волосы – перхоть – клетки эпидермиса) определяются по уравнению Swanson (1977).

в) эндогенные потери белка пищеварительной системы определяются по модели NRC, 2001. На основании сделанных расчетов факториальным методом мы разработали нормы обменных незаменимых аминокислот для лактирующих коров: потребность в обменных лизине и метионине, выраженная в % от обменного белка, составила соответственно 7,3 и 2,4 %.

Для определения потребности в ОБ, О-Лиз и О-мет разработаны 32 уравнения, которые представлены в диссертации.

1. Потребность в обменных белке и аминокислотах на поддержание рассчитывали по прогнозируемым их затратам на основной обмен, определяемый эндогенными потерями азота с мочой, белоксодержащих компонентов с поверхности тела, эндогенных азотсодержащих веществ переднего отдела (ротовая полость, пищевод, пред-желудки, сычуг), а также обменного фекального азота среднего и нижнего отделов (тонкий и толстый кишечник) пищеварительного тракта.

2. Потребность в ОБ на поддержание определяют по уравнениям, используя коэффициент конверсии ОБ в ЧБ, равный 0,85 [NRC-2001].

2.1 Определение потребности в ОБ по эндогенному белку мочи (ЭБМ) и эндогенному поверхностному белку (ЭПБ).

3.1.2 Потребность в ОБ и О-Лиз и О-Мет на продукцию молока и поддержание ($nm+nd$)

Суммарная потребность в ОБ, ОЛ и ОМ на производство молока (nm) и поддержание (nd):

$$\text{ЧБ (г/д)} = \text{Б} \times \text{М}, \quad (\text{уравнение 1})$$

$$\text{ЧЛ (г/д)} = (\text{Л} \times \text{ЧБ}) / 100, \quad (\text{уравнение 2})$$

$$\text{ЧМ (г/д)} = (\text{М} \times \text{ЧБ}) / 100, \quad (\text{уравнение 3})$$

$$\text{ОБ}_{nm} \text{ (г/д)} = \text{ЧБ} / 0,67 \quad (\text{уравнение 4})$$

$$\text{ОЛ}_{nm} \text{ (г/д)} = \text{ЧЛ} / 0,68, \quad (\text{уравнение 5})$$

$$\text{ОМ}_{nm} \text{ (г/д)} = \text{ЧМ} / 0,66, \quad (\text{уравнение 6})$$

$$\text{ПСВ (кг/д)} = (0,372 \times 4 \% \text{ М} + 0,0968 \times \text{ЖМ}^{0,75}) \times (1 - e^{(-0,192 \times (\text{НЛ} + 3,67)})} \quad (\text{уравнение 7})$$

$$\text{ЧЭБМ (г/д)} = 2,75 \times \text{ЖМ}^{0,5}, \quad (\text{уравнение 8})$$

$$\text{ОБ}_{nd} \text{ чэбм (г/д)} = \text{ЧЭБМ} / 0,67 \quad (\text{уравнение 9})$$

$$\text{ОЛ}_{nd} \text{ чэбм (г/д)} = ((\text{Л} \times \text{ЧЭБМ}) / 100) / 0,85; \quad (\text{уравнение 10})$$

$$\text{ОМ}_{nd} \text{ чэбм (г/д)} = ((\text{М} \times \text{ЧЭБМ}) / 100) / 0,85, \text{ где} \quad (\text{уравнение 11})$$

$$\text{ЧЭПБ (г/д)} = 0,2 \times \text{ЖМ}^{0,60} \quad (\text{уравнение 12})$$

$$\text{Потребность в ОБ на образование ЧЭПБ: } \text{ОБ}_{nd} \text{ чэпб (г/д)} = \text{ЧЭПБ} / 0,67 \quad (\text{уравнение 13})$$

$$\text{Потребность в ОЛ и ОМ на поддержание ЧЭПБ: } \text{ОЛ}_{nd} \text{ чэпб (г/д)} = ((\text{Л} \times \text{ЧЭПБ}) / 100) / 0,85; \quad (\text{уравнение 14})$$

$$\text{ОМ}_{nd} \text{ чэпб (г/д)} = ((\text{М} \times \text{ЧЭПБ}) / 100) / 0,85, \quad (\text{уравнение 15})$$

$$\text{ЭСБПО} = 11,9 \times \text{ПСВ} \quad (\text{уравнение 16})$$

$$\begin{aligned}
\text{ЧЭБПО (г/д)} &= \text{СЭБПО} \times 0,4 && \text{(уравнение 17)} \\
\text{ОБ}_{nd} \text{ чэбпо (г/д)} &= \text{ЧЭБПО} / 0,67 && \text{(уравнение 18)} \\
\text{Потребность ОЛ и ОМ на поддержание ЧЭБПО: ОЛ}_{nd} \text{ чэбпо (г/д)} &= && \\
&= ((\text{Л} \times \text{ЧЭБПО}) / 100) / 0,85; && \text{(уравнение 19)} \\
\text{ОМ}_{nd} \text{ чэбпо (г/д)} &= ((\text{М} \times \text{ЧЭБПО}) / 100) / 0,85, && \text{(уравнение 20)} \\
\text{ОФБ (г/д)} &= 30 \times \text{ПСВ (кг)} && \text{(уравнение 21)} \\
\text{СППВ, кг} &= \text{ППВ, кг} / \text{кгСВ} \times 0,92 \times \text{ПСВ (кг)} && \text{(уравнение 22)} \\
\text{ОБ}_{mb} \text{ г/д} &= 130 \times \text{СППВ}_{кг} \times 0,64, \text{ где} && \text{(уравнение 23)} \\
\text{ОБ}_{ofb} \text{ (г/д)} &= (\text{ПСВ}_{кг} \times 30 - 0,5((\text{ОБ}_{mb} / 0,80) - \text{ОБ}_{mb})) && \text{(уравнение 24)} \\
\text{ОЛ}_{nd} \text{ офб (г/д)} &= ((\text{Л} \times \text{ОФБ}) / 100) / 0,85; && \text{(уравнение 25)} \\
\text{ОМ}_{nd} \text{ офб (г/д)} &= ((\text{М} \times \text{ОФБ}) / 100) / 0,85, && \text{(уравнение 26)} \\
\text{Суммарная ОБ}_{nm+nd} \text{ (г/д)} &= \text{ОБ}_{nm} + \text{ОБ}_{nd} \text{ чэбм} + \text{ОБ}_{nd} \text{ чэпб} + \text{ОБ}_{nd} \text{ чэб-} && \\
&\text{по} + \text{ОБ}_{ndoфб}; && \text{(уравнение 27)} \\
\text{ОЛ}_{nm+nd} \text{ (г/д)} &= \text{ОЛ}_{nm} + \text{ОЛ}_{nd} \text{ чэбм} + \text{ОЛ}_{nd} \text{ чэпб} + \text{ОЛ}_{nd} \text{ чэбпо} + && \\
&\text{ОЛ}_{ndoфб}; && \text{(уравнение 28)} \\
\text{ОМ}_{nm+nd} \text{ (г/д)} &= \text{ОМ}_{nm} + \text{ОМ}_{nd} \text{ чэбм} + \text{ОЛ}_{nd} \text{ чэпб} + \text{ОМ}_{nd} \text{ чэбпо} + \text{ОБ}_{ofb} && \\
&\text{(уравнение 29)} && \\
\text{ОБ}_{nd} \text{ (г/д)} &= \text{ОБ}_{nm} + nd - \text{ОБ}_{nm}; && \text{(уравнение 30)} \\
\text{ОЛ}_{nd} \text{ (г/д)} &= \text{ОЛ}_{nm} + nd - \text{ОЛ}_{nm}; && \text{(уравнение 31)} \\
\text{ОМ}_{nd} \text{ (г/д)} &= \text{ОМ}_{nm} + nd - \text{ОМ}_{nm}; && \text{(уравнение 32)}
\end{aligned}$$

Используя большой научный материал, опубликованный в литературе, и материалы собственных исследований, мы разработали с помощью факториального метода вариант модели определения потребности лактирующих коров в незаменимых аминокислотах. На примере наиболее лимитирующих аминокислот – лизина и метионина – определена потребность на производство белка молока и поддержание в процентах от обменного белка (ОБ), соответственно 7,28 и 2,4 %, что идентично показателям 7,2 и 2,4 % по NRC–2001, полученных на базе dose-response моделей. Потребность в гистидине, который также относят к лимитирующим аминокислотам, составила 2,5 % ОБ, т.е. близко к данным NRC–2001 (2,4 и 2,7 % ОБ) (таблица 3).

Определение норм потребности в незаменимых аминокислотах не требует больших затрат на проведение многочисленных исследований, имеющих место в dose-response моделях. Следует отметить, что привязка норм аминокислот к ОБ не может удовлетворять при манипулировании разным содержанием белка в рационах. Для практического применения руководств по аминокислотному питанию коров требуются нормы, выраженные в абсолютных количествах аминокислот на единицу продукции и поддержание, как это имеет место для нормирования энергии белка, минералов и др. на ожидаемую и планируемую продукцию.

Таблица 3 – Потребность молочных коров в ОБ и ОНАК на производство молока (*пм*), поддержание (*пд*), определенная по факториальной модели

| Аминокислоты | <i>пм</i> , г/день ¹ | <i>пд</i> , г/день ² | <i>пм+пд</i> , г/день | <i>пм</i> , % ОБ <i>пм</i> | <i>пд</i> , % ОБ <i>пд</i> | <i>пм+пд</i> , % ОБ <i>пм+пд</i> | <i>пм</i> , г/кгМ ³ | <i>пд</i> , г/кг ^{0,75} | <i>пм+пд</i> , г/кгСВ |
|--------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| Лизин | 130 | 50 | 178 | 7,8 | 6,24 | 7,3 | 3,7 | 0,41 | 8,0 |
| Метионин | 42 | 16 | 59 | 2,6 | 2,0 | 2,4 | 0,95 | 0,14 | 2,6 |
| Аргинин | 81 | 38 | 119 | 4,9 | 4,8 | 4,9 | 2,3 | 0,31 | 5,3 |
| Гистидин | 42 | 20 | 61 | 2,6 | 2,5 | 2,5 | 1,2 | 0,16 | 2,7 |
| Изолейцин | 95 | 43 | 138 | 5,8 | 5,4 | 5,7 | 2,7 | 0,35 | 6,2 |
| Лейцин | 175 | 73 | 248 | 10,7 | 9,1 | 10,2 | 5,0 | 0,60 | 11,1 |
| Фенилаланин | 98 | 54 | 151 | 5,9 | 6,8 | 6,2 | 2,8 | 0,44 | 6,8 |
| Треонин | 74 | 60 | 134 | 4,5 | 7,6 | 5,9 | 2,1 | 0,50 | 6,0 |
| Триптофан | 25 | 14 | 38 | 1,5 | 1,7 | 1,6 | 0,7 | 0,11 | 1,7 |
| Валин | 112 | 64 | 174 | 6,7 | 8,1 | 7,14 | 3,2 | 0,53 | 7,8 |
| ОБ, г | 1645 | 794 | 2440 | | | | 47,0 | 6,6 | 109,4 |

¹Надой молока 35 кг/день, общее количество белка 1104 г

²Живая масса коровы 600 кг, обменная масса 121,2 кг

³ Молока 35 кг/день с содержанием 33 г/кг сырого и 31,5 г чистого белка

По данной модели определена потребность на суточный надой молока и поддержание, г/день; на биосинтез 1 кг молока, г/кг; на поддержание, г/кг^{0,75} метаболической живой массы коров, на СВ рациона, г/кг (таблица 3). Это новые показатели, соответствующие требованиям практического животноводства.

3.2 Оценка сбалансированности рационов лактирующих коров по обменным НАК

Аминокислотный состав рационов. Содержание АК в 1 кг сухого вещества рационов с одним и тем же содержанием СВ находилось в близких пределах (лизина при 15,7 % СВ в 1 рационе 7,85, во 2 – 7,74 г/кг СВ; метионина соответственно 3,18 и 3,14 г/кг СВ). В 3-ем и 4-ом рационах при 17,7 % СВ содержание лизина, соответственно 9,04 и 9,13, метионина – 3,11 и 3,17. Общее количество потребленных аминокислот (г/день) зависело от количества съеденного корма (таблица 4). Оно было наименьшим у коров на 1-ом рационе из-за более низкого потребления корма. Между всеми рационами не было существенных различий по концентрации обменной энергии (ОЭ), нейтрально-(НДК) и кислотно-(КДК) детергентной клетчатке, содержанию общего и доступного кальция и фосфора и добавляемых к рациону других компонентов.

Таблица 4 – Содержание незаменимых аминокислот в опытных рационах

| АК | Рацион 1 | | | Рацион 2 | | | Рацион 3 | | | Рацион 4 | | |
|--------|-----------------|------------------|----------------------------------|------------|------------------------|----------------------------------|----------------|------------------|-----------------------------|----------------|------------------|----------------------------------|
| | г/ кг, СВ | г/ 100, СБ | По- треб ле- ни, г/д | г/кг СВ | г/ 100 00г СБ | По- треб ле- ни, г/д | г/ кг СВ | г/ 100г СБ | По- треб лени, г/д | г/ кг СВ | г/ 100г СБ | По- треб ле- ни, г/д |
| Лизин | 7,85 | 5,00 | 167 | 7,74 | 4,93 | 171 | 9,04 | 5,11 | 200 | 9,13 | 5,16 | 197 |
| Мет. | 3,18 | 2,03 | 66 | 3,14 | 2,00 | 69 | 3,11 | 1,76 | 69 | 3,12 | 1,76 | 71,0 |
| Гист. | 4,32 | 2,75 | 90 | 4,19 | 2,67 | 93 | 4,9 | 2,77 | 108 | 4,93 | 2,79 | 106 |
| Арги. | 8,54 | 5,44 | 178 | 8,55 | 5,45 | 189 | 10,2 | 5,77 | 226 | 9,85 | 5,56 | 213 |
| Фенил. | 7,56 | 4,82 | 158 | 7,55 | 4,81 | 167 | 8,57 | 4,84 | 189 | 8,42 | 4,76 | 182 |
| Треон. | 6,74 | 4,29 | 141 | 6,74 | 4,29 | 149 | 7,6 | 4,29 | 168 | 7,56 | 4,27 | 163 |
| Лейц. | 13,7 | 8,74 | 287 | 13,8 | 8,76 | 304 | 16 | 9,04 | 354 | 15,3 | 8,65 | 331 |
| Изол. | 6,81 | 4,34 | 142 | 6,83 | 4,35 | 151 | 7,72 | 4,36 | 171 | 7,9 | 4,46 | 171 |
| Валин | 9,41 | 5,2 | 197 | 8,1 | 5,16 | 179 | 9,08 | 5,13 | 201 | 9,07 | 5,12 | 196 |
| Трип. | 1,73 | 1,10 | 36 | 1,75 | 1,11 | 39 | 1,99 | 1,12 | 44 | 2,06 | 1,16 | 44 |
| НАК | 69,9 | 44,5 | 1462 | 68,3 | 43,5 | 1511 | 78,2 | 44,2 | 1730 | 77,3 | 43,7 | 1677 |

3.2.2 Эффективность использования азота корма, образования микробного белка, выход аминокислот, состав дуоденального химуса

В дуоденальном химусе на рационах с 15,7 % СБ поступило N на 9,1 и 11 % больше, чем было потреблено. По-видимому, это избыточное количество обусловлено выделением в дуоденум некоторого количества эндогенного рубцового азота (таблица 5). Количество аммонийного азота NH₃-N в дуоденальном химусе оказалось невысоким, в пределах 8,6 – 11,8 г/день, но при этом оно было более высоким у коров на рационах при повышенном содержании СБ 17,7 % (P<0,05), а также на 2 и 4 рационах при соотношении НРБ:РРБ = 35:65, чем на рационах с НРБ:РРБ = 50:50 (P<0,05).

Таблица 5 – Потребление, поступление и переваримость N в пищеварительном тракте лактирующих коров в зависимости от уровня и распадаемости СБ

| Показатель | Рацион 1 | Рацион 2 | Рацион 3 | Рацион 4 |
|--------------------------------|------------|------------|-------------|--------------|
| СБ, % | 15,7 | | 17,7 | |
| Потребление N, г/день | 527±1,83 | 551±1,41 | 626±1,83 | 610±1,63 |
| Поступило N в дуоденум, г/день | 575±3,37 | 612±1,83 | 616±2,94 | 586±2,94 |
| % от потребленного | 109,1±0,93 | 111,0±0,14 | 98,4±0,40 | 96,1±0,40 |
| NH ₃ -N, г/день | 8,6±0,18 | 9,6±0,17* | 10,9±0,18** | 11,8±0,50*** |
| HAN, г/день | 566±3,49 | 602±1,94** | 615±2,82*** | 574±3,04* |
| СЭНР, г/день | 41,0±2,16 | 44,0±2,58 | 44,0±1,83 | 43,0±2,45 |
| НАМСЭНРДХ, г/день | 525±3,90 | 558±1,64* | 578±3,68* | 531±2,65 |

| | | | | |
|-----------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| МНДХ, г/день | 308±12,84 | 337±14,06** | 307±12,82 | 344±14,28*** |
| Продолжение таблицы 5 | | | | |
| Показатели | Рацион 1 | Рацион 2 | Рацион 3 | Рацион 4 |
| ЭнМНР, г/день | 62±4,50 | 65±2,45 | 65±3,16 | 64±3,30 |
| ЭкзНДХ, г/день | 463±6,83 | 493±2,89** | 513±5,77*** | 467±4,66* |
| % от потребл. N | 88±1,03 | 89±0,66 | 82±0,49 | 77±0,84 |
| ЭкзМН, г/день | 246±12,9 | 272±11,7 | 242±14,3 | 280±17,4 |
| % от ЭкзНДХ | 53±2,32 | 55±2,63 | 47±2,80 | 60±3,35 |
| НРРБ, г/день | 217±9,7 | 221±14,1** | 271±14,4*** | 187±14,7* |
| % от ЭкзНДХ. | 47±2,32 | 45±2,63 | 53±2,80 | 40±3,35 |
| МНДХБезННК, г/д | 246±10,27** | 270±11,24*** | 246±10,25** | 275±11,43*** |
| МБДХ, г/день | 1583±64,21 | 1688±70,28 | 1538±64,09 | 1719±71,42 |
| НРБДХ, г/день | 1356±60,8 | 1381±88,2 | 1694±90,2 | 1169±91,3 |
| Общ. БДХ, г/день | 2894±13,6 | 3069±20,1** | 3232±32,0*** | 2888±24,8 |

Достоверность разницы в значениях отмечается: *P<0,05; **P>0,01; ***P>0,001

У коров на 3-м и 4-м рационах с повышенным уровнем (17,7 % СБ) этого не выявлено, вероятно, из-за утечки азота через стенку рубца. Количество аммонийного азота NH₃-N в дуоденальном химусе оказалось невысоким, в пределах 8,6 – 11,8 г/день, но при этом оно было более высоким при повышенном содержании СБ (17,7 %), а также на 2 и 4 рационах при соотношении НРБ:РРБ = 35:65, чем на рационах с НРБ:РРБ = 50:50.

3.2.3 Выход аминокислот в дуоденум, обеспеченность рационов ОНАК, молочная продуктивность коров

В соответствии с моделью потребности лактирующих коров рассчитывают потребность в обменных (усвояемых) незаменимых аминокислотах. Потребность на продукцию молока (пм) и поддержание (пд) мы считаем наиболее удобной формой балансирования рационов по аминокислотам.

Концентрация лизина на 100 г АК в дуоденальном химусе оказалась выше, чем концентрация лизина в СБ рационов: химус 1 рациона – 5,5; 2 – 5,6; 3 – 5,6; 4 – 5,4; в СБ рационов 1 – 5,0; 2 – 4,93; 3 – 5,11; 4 – 5,16 (таблицы 6-7).

Таким образом, содержание лизина увеличилось в белке дуоденального химуса примерно на 10 %. Содержание метионина в белке дуоденального химуса составило 1,7–1,8 %; в СБ рационов, соответственно: 1 – 2,03; 2 – 2,0; 3 – 1,76; 4 – 1,76. Эти данные показывают, что содержание метионина в результате микробной ферментации понижается по сравнению с его содержанием в кормах. Особенно заметно снижение в расчете на 100 г АК содержание гистидина в норме: 2,75 – 2,67 г/100 г СБ, в химусе 2,2–2,4 г/100 г АК. При этом трудно отметить какую-либо связь между потерей АК в процессе пищеварения с уровнем СБ, соотношением РРБ в рационах. Так, самые низкие потери АК – 2 % – отмечены у коров на 2-ом рационе

при соотношении НРБ: РРБ = 35:65, хотя при таком же соотношении НРБ:РРБ у коров на 4-ом рационе потери НАК составили 19 %. По-видимому, количество РРБ 11,4 % СВ и 65 % СБ является излишним на рационах с 17,7 % СБ (таблица 6).

Таблица 6 – Концентрация аминокислот в дуоденальном химусе

| Аминокислоты | Рацион 1 | | Рацион 2 | | Рацион 3 | | Рацион 4 | |
|--------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| | % СВ | г/100 г АК |
| Лизин | 1,23 | 6,35 | 1,43 | 6,42 | 1,42 | 6,34 | 1,44 | 6,42 |
| Метионин | 0,39 | 2,01 | 0,42 | 1,89 | 0,41 | 1,83 | 0,44 | 1,96 |
| Гистидин | 0,49 | 2,53 | 0,58 | 2,60 | 0,57 | 2,54 | 0,57 | 2,54 |
| Аргинин | 0,90 | 4,65 | 1,02 | 4,58 | 1,03 | 4,60 | 1,02 | 4,55 |
| Изолейцин | 1,04 | 5,37 | 1,18 | 5,30 | 1,20 | 5,36 | 1,21 | 5,39 |
| Лейцин | 1,81 | 9,34 | 2,10 | 9,43 | 2,06 | 9,20 | 2,10 | 9,36 |
| Фенилал. | 1,05 | 5,42 | 1,21 | 5,43 | 1,20 | 5,36 | 1,20 | 5,35 |
| Треонин | 0,93 | 4,80 | 1,13 | 5,07 | 1,12 | 5,00 | 1,13 | 5,04 |
| Валин | 1,31 | 6,76 | 1,51 | 6,78 | 1,51 | 6,74 | 1,54 | 6,86 |
| Сумма НАК | 9,15 | 47,24 | 10,58 | 47,49 | 10,52 | 46,96 | 10,65 | 47,46 |
| Аспар. к-та | 2,01 | 10,38 | 2,32 | 10,41 | 2,33 | 10,40 | 2,35 | 10,47 |
| Серин | 0,93 | 4,80 | 1,09 | 4,89 | 1,09 | 4,87 | 1,10 | 4,90 |
| Глутамат | 2,44 | 12,60 | 2,84 | 12,75 | 2,80 | 12,50 | 2,80 | 12,48 |
| Пролин | 0,74 | 3,82 | 0,88 | 3,95 | 0,82 | 3,66 | 0,88 | 3,92 |
| Глицин | 1,86 | 9,60 | 2,10 | 9,43 | 2,33 | 10,40 | 2,14 | 9,54 |
| Аланин | 1,15 | 5,94 | 1,32 | 5,92 | 1,28 | 5,71 | 1,33 | 5,93 |
| Тирозин | 0,81 | 4,18 | 0,84 | 3,77 | 0,90 | 4,02 | 0,87 | 3,88 |
| Цистин | 0,28 | 1,45 | 0,31 | 1,39 | 0,33 | 1,47 | 0,32 | 1,43 |
| ∑ ЗАК | 10,22 | 52,76 | 11,70 | 52,51 | 11,88 | 53,04 | 11,79 | 52,54 |
| ∑ НАК + ЗАК | 19,37 | 100,0 | 22,28 | 100,0 | 22,40 | 100,0 | 22,44 | 100,0 |

Общий выход НАК в составе дуоденального химуса оказался весьма значительным, но он был ниже на 1-ом рационе на 15 %, на 2-ом – на 2 %, на 3-ем – на 13 % и на 4-ом – на 19 % по сравнению с общим количеством НАК в соответствующих рационах (таблица 7).

Таблица 7 – Общий выход аминокислот в дуоденальном химусе у коров

| Аминокислоты | Рацион 1 | Рацион 2 | Рацион 3 | Рацион 4 |
|--------------|------------|---------------|---------------|---------------|
| Лизин | 190,7±1,99 | 228,8±1,13** | 231,5±1,00*** | 221,8±1,04* |
| Метионин | 60,5±1,21 | 67,2± 0,72** | 66,5±0,19** | 67,9±0,79 *** |
| Гистидин | 76,1±0,78 | 93± 0,90*** | 92,6±0,60*** | 87,6±1,14** |
| Аргинин | 139,5±3,16 | 163,2±0,14*** | 167,9±0,61*** | 157,1±1,11** |
| Изолейцин | 161,2±1,64 | 188,8±0,80** | 195,6±0,96*** | 186,3±1,33** |
| Лейцин | 280,6±1,19 | 336±0,80*** | 335,8±1,83*** | 323,4±1,32** |
| Фенилаланин | 162,8±0,99 | 193,6±1,91*** | 195,6±0,63*** | 184,8±0,76** |

| | | | | |
|---------|------------|---------------|---------------|--------------|
| Треонин | 144,2±0,26 | 180,8±0,79*** | 182,6±0,52*** | 174±1,33** |
| Валин | 203,1±1,19 | 241,6±0,30*** | 246,1±0,47*** | 237,2±1,59** |

Продолжение таблицы 7

| Аминокислоты | Рацион 1 | Рацион 2 | Рацион 3 | Рацион 4 |
|--------------|--------------|----------------|----------------|---------------|
| Сумма НАК | 1418,8±5,96 | 1692,5±1,38*** | 1713,2±1,75*** | 1640,3±2,88** |
| Аспар. к-та | 311,6±0,57 | 371,2±2,00*** | 379,8±1,28*** | 361,9±0,77** |
| Серин | 144,2±0,92 | 174,4±1,45*** | 177,7±0,65*** | 169,4±1,89** |
| Глютамаг | 378,2±4,77 | 454,4±1,11*** | 456,4±1,53*** | 431,2±5,34** |
| Пролин | 114,7±1,29 | 140,8±0,80*** | 133,7±1,75* | 135,5±0,81** |
| Глицин | 288,3±2,60 | 336±1,25** | 379,8±0,73*** | 329,6±0,69* |
| Аланин | 178,3±1,29 | 211,2±1,04*** | 208,6±1,75** | 204,8±1,13* |
| Тирозин | 125,6±0,53 | 134,4±2,66** | 146,7±4,11*** | 134±2,37** |
| Цистин | 43,4±2,96 | 49,6±0,54*** | 53,8±0,91*** | 49,3±0,92** |
| ∑ ЗАК | 1584,3±8,31 | 1872±3,33** | 1936,6±3,96*** | 1815,7±4,32* |
| ∑ НАК + ЗАК | 2824,7±12,14 | 3355,4±4,74*** | 3435,7±5,22** | 3249,3±5,14* |

Достоверность разницы в значениях отмечается: *P<0,05; **P>0,01; ***P>0,001

Анализ мочи выявил самые высокие потери аммиачного азота и мочевины (P>0,001) у коров на 4-ом рационе, что свидетельствует значительных потерях аминокислот в процессе ферментации в рубце из-за неблагоприятного соотношения НРБ:РРБ (таблица 8).

Таблица 8 – Концентрация NH₃-N и мочевины в моче коров на разных рационах

| Показатели | Рацион 1 | Рацион 2 | Рацион 3 | Рацион 4 |
|-------------------------|------------|-------------|-------------|--------------|
| NH ₃ -N, мг% | 4,19±0,31* | 3,66±0,09 | 4,98±0,13** | 8,38±0,35*** |
| Мочевина, мг% | 8,2±0,30 | 10,9±0,28** | 9,3±0,32* | 12,7±1,14*** |

Достоверность разницы в значениях отмечается: *P<0,05; **P>0,01; ***P>0,001

Результаты расчета обеспеченности ОНАК в соответствии с нормами потребности для коров, получавших рационы с разным содержанием СБ и разным соотношением НРБ:РРБ при каждом уровне белка отражены в таблице 9. Потребность коров в обменном лизине на 2-ом и 3-ем рационах удовлетворена на 95,2 % при недостатке 4,8 % общего лизина, что вполне приемлемо; на 4-ом рационе – 92,4 %, и особенно неудовлетворительно на 1-ом рационе, который недостаточно поедается животными – 81,4 %.

Значительно хуже в рационах обстоит вопрос с обеспеченностью обменным метионином: 2– 85,4 %; 3– 83,3 %; 4– 86,1 %. Неудовлетворительный баланс в рационах ОМ следует объяснить двумя причинами: во-первых, неотработанностью коэффициентов трансформации обменного метионина в чистый метионин белка молока. Например, по данном Корнельского университета коэффициент = 1,0 (2009), по (В. Г. Рядчиков, О. Г. Шляхова, 2013) =0,82, по Doerfel et al., (2004)=0,66.

Таблица 9 – Обеспеченность лакирующих коров обменными НАК на (*пм*) и (*пд*) на рационах с разным содержанием СБ и соотношением НРБ:РРБ, г/гол/день и в % от норм потребности

| Показатели | 1 Рацион | 2 Рацион | 3 Рацион | 4 Рацион |
|---|----------|----------|----------|----------|
| Потребность в ОАК на <i>пд+пм</i> , г/день: | | | | |
| Лизин на <i>пд+пм</i> , г/день: | 187,4 | 191,8 | 195 | 192 |
| количество ОЛиз | 152,6 | 183,0 | 185,2 | 177,4 |
| Обеспеченность, % | 81,4 | 95,4 | 95,0 | 92,4 |
| Метионин на <i>пд+пм</i> , г/день: | 61,3 | 63 | 63,9 | 63,1 |
| количество ОМет | 48,4 | 53,8 | 53,2 | 54,3 |
| Обеспеченность, % | 79,0 | 85,4 | 83,3 | 86,1 |
| Гистидин на <i>пд+пм</i> , г/день: | 60,9 | 74,4 | 74,1 | 70,1 |
| количество ОГис | 63,6 | 65,3 | 66,3 | 65,5 |
| Обеспеченность ОГ, % | 95,8 | 113,9 | 89,5 | 93,4 |
| Аргинин на <i>пд+пм</i> , г/день: | 122,2 | 125,8 | 127,4 | 126 |
| количество обменный Арг | 111,6 | 130,6 | 134,3 | 125,7 |
| Обеспеченность, % | 91,3 | 103,8 | 105,4 | 99,8 |
| Изолейцин на <i>пд+пм</i> , г/день: | 141,9 | 146 | 148 | 146,2 |
| количество ОИзол | 129,0 | 151,0 | 156,5 | 149,0 |
| Обеспеченность, % | 90,9 | 103,4 | 105,7 | 101,9 |
| Лейцин <i>пд+пм</i> , г/день: | 257,1 | 264,7 | 268,3 | 265 |
| количество ОЛейц | 224,5 | 268,8 | 268,6 | 258,7 |
| Обеспеченность, % | 87,3 | 101,5 | 100,1 | 97,6 |
| фенилаланин на <i>пд+пм</i> , г/день: | 156,1 | 159,6 | 162,6 | 160,8 |
| количество Офенил | 130,2 | 154,9 | 156,5 | 147,8 |
| Обеспеченность, % | 83,4 | 97,1 | 96,2 | 91,9 |
| Валин на <i>пд+пм</i> , г/день: | 136,9 | 140,6 | 142,1 | 140,9 |
| количество ОВали | 162,5 | 193,3 | 196,9 | 189,8 |
| Обеспеченность, % | 89,5 | 103,5 | 104,2 | 101,5 |
| Треонин на <i>пд+пм</i> , г/день: | 84,2 | 104,1 | 102,8 | 99,4 |
| количество ОТрео | 136,9 | 140,6 | 142,1 | 140,9 |
| Обеспеченность, % | 61,5 | 74,0 | 72,3 | 70,5 |

Если принять коэффициент трансформации ОМ в чистый метионин белка молока = 0,82 (В. Г. Рядчиков, О. Г. Шляхова, 2013) вместо 0,66 (Doerfel, et al., 2004), мы получим обеспеченность рационов ОМ, близкую к потребности (95-98 %) за счет снижения потребности на производство молока с 1,2 до 1,0 г.

Вторая причина – это недостаток метионина в количестве 0,6 г / кг СВ рациона.

Самые высокие надои молока были на 2-ом и 3-ем рационах, которые лучше других были сбалансированы по обменным лизину и метионину, что свидетельствует о важности нормирования рационов лактирующих коров по незаменимым аминокислотам (Таблица 10).

Нормы потребности в обменных аминокислотах на производство 1 кг молока рассчитаны на концентрацию сырого белка в молоке – 3,3 % (33 г/кг), или 3,15 % чистого белка (31,5 г/кг). Молоко опытных коров по содержанию сырого белка оказалось близким к норме по содержанию СБ в молоке – от 3,23 до 3,27 %. Поэтому каких-либо перерасчетов на изменение содержания белка в молоке делать не следует.

Таблица 10 – Суточный надой молока, содержание и выход молочного жира и белка у коров на рационах с разным содержанием СБ и соотношением НРБ:РРБ

| Показатели | Рацион 1 | Рацион 2 | Рацион 3 | Рацион 4 |
|--|------------|-------------|-------------|-------------|
| Потребление СВ, кг | 20,9±0,16 | 22,1±1,28 | 22,1±0,99 | 21,6±0,87 |
| Потребление СВ, % ЖМ | 3,56±0,06 | 3,75±0,12 | 3,75±0,08 | 3,68±0,03 |
| Надой натурального молока, кг/день | 37,4±0,67* | 38,7±0,85** | 39,4±0,74** | 38,7±0,76** |
| Надой, скорректированный на 3,4 % жира, кг | 39,6±0,27 | 42,3±0,34 | 43,6±0,29 | 42,6±0,30 |
| Содержание жира, % | 3,68±0,14 | 3,72±0,39* | 3,76±0,24** | 3,74±0,36** |
| Выход жира, г/ день | 1376±50,61 | 1440±150,68 | 1481±93,20 | 1447±140,89 |
| Содержание СБ, % | 3,23±0,05 | 3,27±0,09 | 3,25±0,07 | 3,27±0,13 |
| Выход белка, г/день | 1208±18,11 | 1266±34,69 | 1281±28,07 | 1266±51,38 |
| Выход белка, г/г N корма | 2,30±0,04 | 2,28±0,03 | 2,05±0,05 | 2,08±0,03 |
| Затраты СВ на 1 кг молока, кг | 0,56 | 0,57 | 0,56 | 0,56 |
| ЖМ коров в начале, кг | 565 | 577 | 579 | 583 |
| ЖМ коров в конце, кг | 577 | 589 | 589 | 591 |
| Сред.сут. прирост ЖМ, кг | 0,125 | 0,136 | 0,114 | 0,091 |

Достоверность разницы в значениях отмечается: *P<0,05; **P>0,01; ***P>0,001

4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Затраты кормов в денежном выражении на 1 кг молока были неодинаковыми. Они оказались ниже на рационах с 15,7 % СБ (8,8; 8,9 руб.), по сравнению с затратами на рационах с 17,7 % СБ (9,1; 9,3 руб.). Результаты отражены в таблице 11.

В целом затраты на корма составили 45,0 – 45,2 %. На остальные затраты хозяйства приходилось 54,8 – 55,0 %. Себестоимость 1 кг молока составила по рационам: 1-й -19,7; 2-й - 19,5; 3-й - 20,2; 4-й - 20,6 рубля.

Таблица 11– Расчет себестоимости и рентабельности производства молока

| Показатели | Рацион 1 | Рацион 2 | Рацион 3 | Рацион 4 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| Сред.сут. надой молока, кг | 37,4 | 38,7 | 39,4 | 38,7 |
| Общ.надой за учетный период (40 день), кг | 1496 | 1548 | 1576 | 1548 |
| Затраты кормов, руб. на 1 кг молока | 8,9 | 8,8 | 9,1 | 9,3 |
| В % от общей себестоимости | 45,2 | 45,1 | 45,0 | 45,1 |
| Себестоимость 1 кг молока, руб. | 19,7 | 19,5 | 20,2 | 20,6 |
| Себестоимость общ. надоя молока, руб. | 29471 | 30186 | 31835 | 31889 |
| Цена реализации молока в 2018 г., руб. | 23,7 | 23,7 | 23,7 | 23,7 |
| Реализация молока, руб. | 35455 | 36688 | 37351 | 36687 |
| Прибыль от реализации молока, руб. | 5984 | 6502 | 5516 | 4798 |
| Рентабельность производства молока, % | 17 | 22 | 17 | 15 |

Самая низкая себестоимость и самая высокая чистая прибыль от реализации молока получена при 15,7 % СБ на 2 рационе, который лучше других был сбалансирован по обменным незаменимым аминокислотам.

5 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

5.1 Выводы

1. На основе факториального метода разработаны нормы потребности лактирующих коров во всех незаменимых аминокислотах на поддержание ($\text{кг}^{0,75}$) и производство молока (кг), позволяющие производить расчет потребности в зависимости от суточного надоя молока (кг) и ЖМ ($\text{кг}^{0,75}$).

2. Проведенные исследования по определению потребности лактирующих коров в незаменимых аминокислотах, с использованием предлагаемого варианта факториальной модели, показали действенность этой модели. Абсолютная потребность для получения 38 кг молока за сутки (1102,5 г/день чистого молочного белка) от коровы живой массой 590 кг составила: ОЛиз– 193 г, ОМет– 63,5 г/день, а выраженная в % ОБ, – соответственно 7,28 % и 2,42 %, что близко совпадает с нормами по моделям NRC-2001, рассчитанными по результатам ответной реакции коров на дозу пострубцового инфузирования растворов лизина и метионина. На базе нашей модели выполнено определение потребности во всех 10 незаменимых аминокислотах.

3. Для применения норм в практике молочного животноводства предлагаем делать расчеты суточной потребности в ОБ, ОЛиз, ОМет и ОГист на ожидаемую и планируемую продукцию молока, равные соответственно, г/кг молока: ОБ– 47, ОЛиз– 3,7, Омет– 0,95; ОГист– 1,2;

по затратам на поддержание ($\text{г/кг}^{0,75}$): ОБ– 6,6, ОЛиз– 0,41, Омет– 0,14, ОГист– 0,16. Предлагаемые нормы требуют всесторонней оценки в научных исследованиях и практике.

4. При оценке выхода дуоденального азота необходимо учитывать наличие в нем эндогенного азота рубца, количество которого, по данным Ouellet, et al. (2010), составляет в виде свободного эндогенного и микробного эндогенного азота, соответственно, 1,98 г и 2,95 г на каждый 1 кг потребленного СВ. Общий выход экзогенного (кормового) азота в % от потребленного на рационах с 15,7 % СВ был выше (88-89 %), чем на рационах с 17,7 % СВ (77-82 %), что свидетельствует о более эффективном использовании азота при пониженном содержании СВ.

5. Выход в дуоденум микробного азота экзогенного и эндогенного происхождения находится на уровне 60-70 % от общего количества дуоденального азота, на азот НРБ остается 30-40 %. Поэтому обеспечение коров незаменимыми аминокислотами в большей мере осуществляется за счет микробного белка.

6. Обеспеченность второго и третьего рационов обменным лизином по разработанным нормам потребности составила 95 %. Надой молока на этих рационах оказался наиболее высоким.

7. Обеспеченность второго и третьего рационов обменным метионином составила в среднем 84,4 %, то есть значительно хуже, чем обеспеченность обменным лизином. Такое положение объясняется неотработанностью коэффициентов трансформации обменного метионина в чистый метионин молочного белка. Поэтому требуется дальнейшая работа по уточнению коэффициента трансформации обменного метионина.

8. При повышенном содержании СВ в рационах (17,7 %) наиболее оптимальным соотношением НРБ:РРБ от СВ является 50:50. При соотношении НРБ:РРБ 35:65, по-видимому, создается избыточное количество РРБ и, как следствие, снижение эффективности использования азота корма. Об этом свидетельствует повышение концентрации мочевины в крови и моче и, особенно, высокая концентрация в моче $\text{NH}_3\text{-N}$.

9. Более высокая экономическая эффективность производства молока получена при содержании в рационе 15,7 % СВ при соотношении НРБ:РРБ = 35:65 % СВ и при более полной обеспеченности обменными лизином и метионином.

Рентабельность производства молока у коров на этом рационе составила 22 % по сравнению с рентабельностью 15-17 % на рационах с более высоким уровнем белка (17,7 % СВ). Снижение количества белка при кормлении коров при условии его сбалансированности по обменным незаменимым аминокислотам является более выгодным, чем кормление по рационам с высоким уровнем (17,7 %) СВ.

5.2 Предложение производству

С целью повышения эффективности производства молока предлагаем использовать нормирование рационов лактирующих коров по незаменимым аминокислотам. В качестве примерных норм потребности в наиболее лимитирующих обменных незаменимых аминокислотах лизине и метионине предлагаем обеспечить в корме содержание лизина – 3,6 г, метионина – 1,2 г на получение 1 кг молока при содержании в нем 3,3 % СБ и 3,15 % чистого белка.

Предлагаем принять за норму потребность в лизине и метионине на поддержание жизнедеятельности соответственно 0,41 и 0,14 г/кг^{0,75}. При других концентрациях сырого чистого белка молока требуется внести поправку в нормы указанных аминокислот на производство молока.

Предлагаем придерживаться оптимального содержания СБ в рационах коров – 15,7 % при соотношении в его составе НРБ:РРБ = 35:65.

5.3 Перспективы дальнейшей разработки темы

Полученные результаты показали целесообразность дальнейших исследований по совершенствованию модели определения потребности в аминокислотах по следующим направлениям:

- определение их затрат на поддержание биосинтеза белка молока, тканей и органов и уточнение на этой основе коэффициентов использования аминокислот на продукцию молока и поддержание;
- разработка идеальных по аминокислотному профилю низкобелковых рационов как за счет корректировки натуральными компонентами, так и за счет использования препаратов аминокислот, защищенных от распада в рубце, с целью повышения эффективности использования белка в организме и снижения уровня загрязнения окружающей среды.

Список работ опубликованных по теме диссертации работы, опубликованные в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ

Публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ

1. Влияние l-тирозина на репродуктивные и продуктивные показатели молочных коров / **А.А. Тантави**, В.Г. Рядчиков, О.Г. Шляхова, Н.С. Комарова // Естеств. науки : журн. фундам. и приклад. исслед. – 2017. – № 4(61). – С. 172–176.

2. Потребность лактирующих коров в незаменимых аминокислотах [Электронный ресурс] / В.Г. Рядчиков, О.Г. Шляхова, **А.А. Тантави**, Н.С. Комарова // Науч. журн. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – № 148(04). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/a/viewaut.asp?id=6969>

3. Потребность лактирующих коров в незаменимых аминокислотах [Электронный ресурс] / В.Г. Рядчиков, О.Г. Шляхова, **А.А. Тантави**, Н.С. Комарова // Науч. журн. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – № 150(06). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2019/06/pdf>

4. Влияние уровня и распадаемости белка в рубце на обмен азота и молочную продуктивность голштинских коров в ранней лактации/ В. Г. Рядчиков, О.Г. Шляхова, **А.А. Тантави**, Н.С. Комарова // Науч. журн. – Краснодар: Труд КубГАУ, 2018. – № 75. с 154-166. <http://ej.kubagro.ru/2019/04/pdf/33.pdf>

Публикации в других изданиях

5. Шляхова О.Г. Особенности реабилитационного периода у коров после канюлирования рубца и кишечника / О.Г. Шляхова, **А.А. Тантави**, Н.С. Комарова // XI Всерос. конф. молодых ученых, посвящ. 95-летию КубГАУ и 80-летию со дня образования Краснодар. края. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – С. 184-185.

6. Распадаемость кормового белка важный фактор эффективности использования азота и молочной продуктивности лактирующих коров / В.Г. Рядчиков, А.А. Солдатов, Е.Л. Харитонов, Н.С. Комарова, О.Г. Шляхова, **А.А. Тантави** // Эффектив. животноводство. – 2019. – № 3(151). – С. 42-49.

7. Действие различного уровня белка на обмен азота в рубце Голштинских коров-первотелок / В.Г. Рядчиков, О.Г. Шляхова, **А.А. Тантави**, Н.С. Комарова // Ученые зап. учреждения образования "Витеб. орден на "Знак Почета" гос. акад. ветеринар. медицины" : науч.-практ. журн. – Витебск, 2018. – Т. 54, вып. 3. – С. 56-59.

8. Влияние различного уровня белка на обмен азота в рубце Голштинских коров-первотелок / В.Г. Рядчиков, О.Г. Шляхова, **А.А. Тантави**, Н.С. Комарова // Вестн. АПК Ставрополя. – 2018. – № 1(29) – С. 62-67. – (Фундам. и приклад. аспекты кормления с.-х. животных, посвящается 100-летию со дня рождения А. П. Калашникова).

9. Шляхова О.Г. Влияние различного уровня белка на обмен азота в рубце Голштинских коров-первотелок / О.Г. Шляхова, **А.А. Тантави** // Современ. состояние животноводства : проблемы и пути их решения : материалы. Междунар. науч.-практ. конф., 21-23 марта 2018 г. – Саратов, 2018. – С. 269-270.

10. **Тантави А.А.** Потребность в метионине и лизине у молочных коров / **А.А. Тантави**, В.Г. Рядчиков // Биол. и экол. образование в шк. и вузе : проблемы, состояние и перспективы развития : материалы V-й Междунар. науч.-практ. онлайн-конф. 26-30 марта 2018 г., СПб.-Махачкала-Ростов-н/Д. – СПб. : Тагиев Р. Х., 2018. – С. 257-267.

11. **Тантави А.А.** Распадаемость белка в рубце у молочных коров / **А.А. Тантави**, В.Г. Рядчиков // Advances in Science and Technology : XIII

Международ. науч.-практ. конф., 16 марта 2018 – М. : НИЦ Актуальность. РФ, 2018. – С. 3-7.

12. **Тантави А.А.** Влияние аминокислот на продуктивную и репродуктивную способность животных / **А.А. Тантави**, В.Г. Рядчиков // Науч. исслед. : теоретико-методол. подходы и практ. результаты : материалы междунар. науч.-практ. конф. НИЦ «Поволж. науч. корпорация» (30 марта 2018 г.). – Самара : Изд-во НИЦ «Поволж. науч. корпорация», 2018. – С. 279-283.

13. **Тантави А.А.** Утилизации аминокислот в организме молочных коров / **А.А. Тантави**, О.Г. Шляхова // Науч. исслед. : теоретико-методол. подходы и практ. результаты : материалы междунар. науч.-практ. конф. НИЦ «Поволж. науч. корпорация» (30 марта 2018 г.). – Самара : 2018. – С. 284-287.

Подписано в печать «__»_____ 2019 г. Уч.-изд. л. – 1,0.

Тираж 100 экз. Заказ №

Типография Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13