

DOI:10.34617/jrdc-tv29
УДК 636.2.083.37:612.015.3

СУБСТРАТНАЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА БЫЧКОВ В ВОЗРАСТЕ 7-12 МЕСЯЦЕВ

Лемешевский Виктор Олегович^{1,2}, канд. с.-х. наук, доцент
Гмир Виталий Сергеевич², аспирант

¹ВНИИ физиологии, биохимии и питания животных – филиал ФНЦ животноводства – ВИЖ им. ак. Л. К. Эрнста, Боровск, Калужская обл., Российская Федерация

²Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета, Минск, Республика Беларусь

Продуктивность животных и качество продукции зависят от состава конечных продуктов переваривания корма в желудочно-кишечном тракте, формирующих определенную направленность метаболических процессов. Целью работы явилось определение обеспеченности энергией субстратов процессов метаболизма в организме бычков в возрасте 7-12 месяцев с оценкой эффективности использования энергии в их организме. Скармливание бычкам рационов, представленных соотношением 34,4 ЛЖК : 3,9 ВЖК : 4,8 аминокислоты : 57,1 глюкоза, способствовало повышению энергии отложения и синтеза прироста на 10,04 % ($p < 0,05$), энергии прироста – на 19,50 % ($p < 0,05$), эффективности использования обменной энергии на рост – на 3,81 % ($p < 0,05$).

Ключевые слова: рационы; обменная энергия; метаболиты; ЛЖК; рубцовое пищеварение; ВЖК, глюкоза; энергия отложения; бычки

PROVIDING A SUBSTRATE OF ENERGY METABOLISM IN BULL CALVES AGED 7-12 MONTHS

Lemiasheuski Viktor Olegovich^{1,2}, PhD Agri. Sci., Associate Professor
Gmir Vitali Sergeevich², PhD student

¹All-Russia Research Institute of Animal Physiology, Biochemistry, and Nutrition, Branch of Ernst VIZh Federal Science Center for Animal Husbandry, Federal State Budgetary Scientific Institution, Borovsk, Kaluga region, Russian Federation

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

Animal productivity and product quality depend on the composition of the final products of food digestion in the gastrointestinal tract, forming a certain direction of metabolic processes. The purpose of the work was to determine the energy supply of substrates of metabolic processes in the body of calves aged 7-12 months with an assessment of the efficiency of energy use in their body. Feeding the diets to calves represented by the ratio of 34.4 VFA: 3.9 HFA: 4.8 amino acids: 57.1 glucose, contributed to an increase in the deposition and synthesis energy of growth by 10.04 % ($p < 0.05$), growth energy by 19.50 % ($p < 0.05$), the efficiency of the use of metabolizable energy for growth – by 3.81 % ($p < 0.05$).

Key words: rations; metabolizable energy; metabolites; VFA, rumen digestion; HFA, glucose; growth energy; calves

Совершенствование технологий интенсивного выращивания и откорма молодняка крупного рогатого скота молочных пород продолжает оставаться приори-

тетным направлением исследований, а основной путь улучшения рентабельности производства говядины состоит в повышении эффективности биоконверсии

питательных веществ корма в продукцию, прежде всего за счет оптимизации условий питания. Для реализации генетического потенциала продуктивности необходимо, чтобы потребности организма в компонентах питания полностью удовлетворялись на всех стадиях роста и развития. Прирост живой массы у откармливаемого скота определяется количеством принятого корма, его перевариванием и всасыванием аминокислот в кишечнике [3, 7, 8].

В настоящее время считается доказанным, что характер биосинтетических процессов и продуктивные качества жвачных животных зависят от уровня и соотношения субстратов, доступных для метаболизма. Это в полной мере относится и к молодняку крупного рогатого скота при интенсивном выращивании и откорме. Основными субстратами для процессов метаболизма и биосинтеза в организме жвачных животных являются аминокислоты, глюкоза, летучие жирные кислоты и высшие жирные кислоты. В период выращивания и в начальный период откорма, когда идет интенсивное накопление мышечной массы, основным лимитирующим рост компонентом являются аминокислоты; у жвачных основные источники аминокислот, всасывающихся в кишечнике, – это белки микроорганизмов рубца и нераспавшийся протеин корма.

Большая часть субстратов образуется в желудочно-кишечном тракте – это начальный и определяющий этап метаболизма и усвоения питательных веществ рациона. Наличие у жвачных животных преджелудков и микробное превращение в них почти всех компонентов корма вносят принципиальные отличия в переваривание и всасывание, как питательных веществ корма, так и образовавшихся метаболитов [6, 10].

Для адекватного питания жвачных и физиологически обоснованной оценки питательности кормов и рационов необходимы дополнительные знания о количестве превращении основных компо-

нентов отдельных кормов в различных участках пищеварительного тракта, то есть необходимо знать истинную переваримость питательных веществ отдельных кормов. Вместе с тем отсутствие информации о рециркуляции целого ряда элементов и метаболитов продолжает оставаться сдерживающим моментом для определения истинной переваримости и всасывания из пищеварительного канала [1].

Использование принципа субстратного обеспечения продуктивных функций для нормирования питания выгодно не только для поддержания высокой продуктивности, но и для управления качеством продукции за счет подбора определенного количества и соотношения субстратов. Разработка способов количественной оценки образования и расходования субстратов на продуктивные цели является предметом интенсивных разработок, ведущихся в США, Великобритании, Германии, Дании [9]. Поэтому изучение закономерностей использования в энергетическом обмене субстратов необходимо в каждом конкретном случае для определения потребности и фактической обеспеченности субстратами, что определяет эффективность их использования для реализации физиологических функций и биосинтеза.

Цель работы – определение обеспеченности энергией субстратов процессов метаболизма в организме бычков в возрасте 7-12 месяцев с оценкой эффективности использования энергии в их организме.

Методика исследований. Достижение поставленной цели осуществлялось в физиологическом опыте в условиях физиологического корпуса РУП «Научно-практического центра НАН Беларуси по животноводству» продолжительностью 30 дней. Методом пар-аналогов было сформировано три группы молодняка крупного рогатого скота белорусской черно-пестрой породы по 4 головы в каждой.

Нормы потребности в питательных веществах и энергии определялись для получения продуктивности 1000 г. Животные I контрольной группы получали основной рацион (ОР) по нормам ВАСХНИЛ (1985) [4]. В рационах аналогов II и III опытных групп содержание обменной энергии увеличили на 5 и 10 %, соответственно, путем включения в рацион сухой жировой добавки, содержащей 30,14 МДж обменной энергии в 1 кг (таблица 1).

Химический состав кормов рационов проведен в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству». Валовую энергию кормов определяли методом прямой колориметрии в лаборатории кормления и физиологии питания крупного рогатого скота на калориметрической установке С 2000 Control IKA-WERKE.

Таблица 1 – Рацион кормления молодняка крупного рогатого скота

Показатель	Единица измерения	Группа		
		I	II	III
Силос кукурузный	кг	16,3	15,7	15,2
Комбикорм	кг	4,0	4,0	4,0
Профат	кг	-	0,1	0,3
В рационе содержится:				
ЭКЕ		8,3	8,8	8,9
кормовых единиц	кг	7,3	7,6	7,9
обменной энергии	МДж	79,91	83,46	84,37
сухого вещества	г	7456	7661	7597
сырого протеина	г	685	640	655
расщепляемого протеина	г	473	365	341
переваримого протеина	г	474	441	454
сырого жира	г	260	364	473
сырой клетчатки	г	1425	1395	1346
крахмала	г	1507	1507	1507
сахара	г	137	138	121
кальция	г	43,9	58	70,5
фосфора	г	27,3	26,7	28,4

Фонд субстратов используется на энергетические цели и на синтез продукции (прироста) согласно принципу определения обменной энергии рационов: ОЭ = ТП + ЭП.

Суммарную энергию субстратов определяли по энергии переваримых питательных веществ за вычетом потерь энергии с метаном и тепловой ферментации по общепринятым методам [2, 3]. Она характеризует энергию усвоенных питательных веществ или энергию абсорбированных питательных веществ [8]. Если при определении обменной энергии до-

пускается возможность использование поправки только по метану, то величина «суммарной энергии субстратов, доступных для усвоения», более точно соответствует энергетическому эквиваленту усвоенных субстратов.

Величина суммарной энергии доступных для усвоения субстратов является исходной для расчета количества основных групп субстратов, образующихся в преджелудках (ЛЖК) и в тонком кишечнике (ВЖК, аминокислоты, глюкоза), которые непосредственно усваиваются.

В опыте изучали поедаемость – путем ежедневного учета заданных кормов и их остатков перед утренней раздачей.

Переваримость питательных веществ кормов рационов определяли на основании разности между потреблением питательных веществ в кормах и выделением продуктов обмена рассчитывались коэффициенты переваримости.

Полученные результаты обработаны методом вариационной статистики, с учетом критерия достоверности по Стьюденту [5].

Результаты исследований и их обсуждение. Потребление корма является решающим этапом сложного процесса регуляции обмена энергии в организме животного. По общей питательности среднесуточный рацион кормления подопытных животных на 52-56 % был представлен концентрированными кормами (таблица 1).

Поступление сухого вещества в организм подопытных животных составило 7,5-7,7 кг. В пересчете на 100 кг живой массы приходилось по 2,4-2,5 кг. Содержание сырой клетчатки варьировало в пределах 177,2-191,1 г на 1 кг сухого вещества.

Концентрация легкопереваримых углеводов в сухом веществе рациона I контрольной группы составила 22,1 %, II и III опытных – соответственно 21,5 и 21,4 %, что находится в допустимых пределах [6].

Отношение легкогидролизуемых углеводов к протеину было наибольшим в опытных рационах – 3,59-3,73:1, а рацион

молодняка I контрольной группы характеризовался содержанием 3,47 г неструктурных углеводов в расчете на 1 г переваримого протеина, при норме, не менее 2,3:1 [7].

Современные системы кормления жвачных животных, основанные на чистой потребности в обменной энергии, позволяют с большой точностью прогнозировать уровень продуктивности, но в то же время односторонне направлены на реализацию продуктивного потенциала животных. Это приводит к повышению эффективности использования кормов при одновременном отрицательном влиянии на качество продукции, состояние здоровья, сроки продуктивного использования. На эти проблемы в последнее время стали больше уделять внимания, делаются попытки совершенствования систем питания животных на основе контроля биохимических реакций в сложном желудке, тонком и толстом кишечнике жвачных, а также на уровне тканевого метаболизма [8].

В исследованиях использовали новые разработки при оценке питательности рационов – количественные данные по субстратам, образующимся в желудочно-кишечном тракте в результате пищеварения. В зависимости от содержания в рационах основных питательных веществ изменяется количество и соотношение образования в преджелудках ацетата, пропионата и бутирата, объем кишечного пищеварения, всасывания высших жирных кислот, аминокислот и глюкозы из кишечника (таблица 2).

Таблица 2 – Фонд субстратов, доступных для усвоения, г

Показатель	Группа		
	I	II	III
Сумма аминокислот	413,3	396,9	410,8
Сумма ВЖК	186,9	322,8	445,0
Ацетат	1585,4	1667,3	1731,4
Пропионат	726,4	736,8	746,4
Бутират и др.	410,2	423,1	432,1
Глюкоза	4818,6	4724,3	4482,4

При потреблении рациона с уровнем энергии по нормам ВАСХНИЛ (1985) животными I контрольной группы переваривание питательных веществ проходило в основном в преджелудках – 68 % от всех переваримых питательных веществ и лишь 32 % – в кишечнике. В результате преджелудочного пищеварения 48,5 МДж энергии содержалось в ЛЖК при молярном соотношении: уксусной – 64,6 %, пропионой – 24,0, масляной и др. – 11,4 %. При этом вклад ЛЖК в обменный фонд организма составил: ацетат – 19,5 %, пропионат – 8,9, бутират и др. – 5,0 % доступных для усвоения субстратов. В кишечнике образовалось: 59,2 % глюкозы, 5,1 аминокислот и 2,3 % высших жирных кислот пула обменного фонда.

Повышение уровня энергетического питания на 5 % в рационе молодняка II опытной группы в преджелудках переваривалось 68 % от всей переваримой энергии корма, а в кишечнике – 32 %. Суммарная энергия ЛЖК составила 50,3 МДж, а молярное соотношение и весовое количество: уксусной кислоты – 65,3 % (1667,3 г), пропионой – 23,4 (736,8 г), масляной

и др. – 11,3 % (423,1 г). В кишечнике образовалось: 4724,3 г глюкозы, 396,9 г аминокислот и 322,8 г высших жирных кислот.

Скармливание рациона с повышением энергетической питательности на 10 % в III опытной группе обеспечило переваривание 69 % энергии переваримых питательных веществ в сложном желудке и 31 % – в кишечнике. Энергия ЛЖК в результате преджелудочного пищеварения составила 51,5 МДж при молярном соотношении: уксусной – 65,8 %, пропионой – 23,0, масляной и др. – 11,2 %. В весовом выражении доля вклада отдельных ЛЖК в фонд доступных субстратов была следующей: ацетат – 21,0 % (1731,4 г), пропионат – 9,1 % (746,4 г), бутират и др. – 5,2 % (432,1 г). Образование в кишечнике глюкозы, аминокислот и высших жирных кислот находилось на уровне 54,4 %, 5,0 % и 5,4 %, соответственно, от общего пула метаболитов.

Эффективность использования энергии рациона приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Использование энергии организмом животных, МДж

Показатель	Группа		
	I	II	III
Обменная энергия	79,91±1,71	83,46±1,19	84,37±2,14
Энергия теплопродукции	60,69±0,84	60,50±0,52	62,28±2,49
Энергия прироста	19,22±0,83	22,96±0,95 *	22,09±0,66
Энергия основного обмена	24,95±0,69	24,40±0,97	25,04±0,41
Энергия поддержания	36,68±1,02	35,89±1,43	36,83±0,61
Энергия сверхподдержания	43,23±0,86	47,57±0,45 *	47,55±1,13 *
Эффективность использования ОЭ на рост, %	44,46	48,27	46,46
Обменность ВЭ, %	57,91	58,63	58,91

Примечание: * – $p < 0,05$

Отмечались определенные различия в характере использования ОЭ молодняком сравниваемых групп. В частности, с повышением уровня энергии в рационе на

5 % при концентрации обменной энергии (КОЭ) 9,6 МДж животные достоверно больше расходовали энергии на отложение продукции и ее синтез. Аналоги II

опытной группы по этому показателю превосходили сверстников I контрольной – на 4,34 МДж ($p < 0,05$), или 10,04 %. При дальнейшем повышении уровня энергии в рационе на 10 % с КОЭ 9,9 МДж затраты энергии сверхподдержания остались на уровне II опытной группы превышая контроль на 4,32 МДж ($p < 0,05$) или 10,0 %. На энергию сверхподдержания приходится в I контрольной группе 54,1 %, во II и III опытных – 57,0 и 56,4 % обменной энергии.

Энергия сверхподдержания состоит из энергии продукции на 44,5-48,3 % и энергии, затраченной на ее синтез – 55,5-51,7 %.

Величина обменной энергии в рационах рассматривалась как сумма энергетических затрат животного и энергии, отложенной в приросте. Следовательно, обменную энергию рационов можно представить более детально, подразделяя на энергетическую и продуктивную части. Одним из объективных показателей конечных результатов выращивания и откорма молодняка является накопление энергии в приросте и в организме в целом, что связано с отложением белка, жира и в незначительном количестве – углеводов [3].

Особенно существенные различия между группами были по энергии прироста подопытных бычков. При этом отмечалась четкая закономерность: с повышением уровня энергии в рационе от нормы на 5 % энергия прироста возрастала соответственно на 3,74 МДж ($p < 0,05$) или 19,5 %. Дальнейшее повышение уровня энергии в рационе на 10 % привело к повышению энергии прироста относительно контрольного молодняка на 2,87 МДж (14,9 %). Энергия прироста бычков подопытных групп составила 24,0-27,5 % обменной энергии.

Энергия на поддержание жизненных функций, в основном, зависит от живой массы животного [7] и колеблется в пределах 59,1-60,4 % от теплопродукции и более 43,0 % от обменной. У подопытных

бычков, при повышении уровня энергии в рационах на 5 % с КОЭ 9,6 МДж, затраты энергии на поддержание жизни снизились на 0,79 МДж или 2,2 % при увеличении энергии продукции. Молодняк III опытной группы по величине энергии поддержания находился на уровне контрольного значения.

Величина теплопродукции тканевого метаболизма представлена энергией, высвобождающейся из организма животного в форме тепла, на осуществление физиологических функций и синтеза прироста колеблется в пределах 72,5 и 73,8 % во II и III опытных до 76,0 % обменной энергии в I контрольной группе. Сверстники III опытной группы больше остальных животных расходовали энергии на теплопродукцию и превосходили контроль на 1,59 МДж или 2,6 %.

Несмотря на различия в живой массе бычков, уровне обменной энергии и продуктивности, затраты энергии теплопродукция тканевого метаболизма кратны потребленному сухому веществу – в I контрольной группе 8,14, во II и III опытных – 7,90 и 8,20 МДж/кг потребленного сухому веществу корма, соответственно. Эти затраты энергии неизбежны, так как связаны с обеспечением основных физиологических функций и с биосинтезом компонентов прироста животных.

Увеличение уровня энергии в рационе бычков на 5 % сократило затраты энергии основного обмена на 0,6 МДж или 2,2 %. Аналоги III опытной группы расходовали энергию на основной обмен также, как и контрольные животные. Разница между подопытными группами была не существенной и не имела достоверных различий.

При повышении уровня энергетического питания на 5 % при КОЭ 9,6 МДж показатель продуктивного использования обменной энергии на рост повысился на 3,81 п.п. ($P < 0,05$). Сверстники из III опытной группы на 2,00 п.п. лучше использовали обменную энергию на рост чем контрольные аналоги.

Выводы. Таким образом, главный принцип рационального питания – баланс энергии дополняется принципом балансирования основных метаболитов, исходя из биохимической эффективности процессов использования субстратов и особенностей пищеварения животных. Экспериментальная проверка эффективности нормирования питания бычков в возрасте 7-12 месяцев показала, что при использовании рационов, обеспечивающих следующее соотношение метаболитов: 34,4 (ЛЖК, в том числе уксусной 65,3 %, пропионовой 23,4 %, масляной 11,3 % по молярной массе) : 3,9 (ВЖК) : 4,8 (аминокислоты) : 57,1 (глюкоза) в составе обменной энергии (КОЭ 9,6 МДж/кг) можно повысить энергию отложения и синтеза прироста на 10,04 % ($p < 0,05$), энергию прироста – на 19,50 % ($p < 0,05$), эффективность использования обменной энергии на рост – на 3,81 % ($p < 0,05$), что подтверждает обоснованность исследуемого подхода к нормированию питания откормочного скота на основе расчета потребности и обеспеченности животных основными субстратами и аминокислотами.

Список литературы

1. Галочкин, В.А. Влияние кормов с разным уровнем обменного протеина на интенсивность выращивания бычков / В.А. Галочкин, В.П. Галочкина, К.С. Остренко // Эффективное животноводство. 2019. № 1 (149). С. 54-56. Doi: 10.24411/9999-007A-2019-10008.
2. Изучение обмена энергии и энергетического питания у сельскохозяйственных животных: метод. указ. Боровск. 1986. 58 с.
3. Харитонов, Е.Л. Нормирование питания жвачных животных на принципах субстратной обеспеченности метаболизма / Е.Л. Харитонов, Б.Д. Кальницкий // Актуальные проблемы биологии в животноводстве: III конф. Боровск. 2001. С. 10-19.
4. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие / под ред. А. П. Калашникова, Н. И. Клейменова. М.: Агропромиздат. 1985. 352 с.
5. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. Изд. 3-е, исправл. Мн. : Вышэйшая школа, 1973. 320 с.
6. Харитонов, Е.Л. Экспериментально-прикладная физиология пищеварения жвачных животных: Справочное руководство. Дубровицы: ВНИИЖ им. ак. Л.К. Эрнста, 2019. 448 с.
7. Энергетическое питание молодняка крупного рогатого скота / В.Ф. Радчиков [и др.]. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Минск : ИВЦ Минфина, 2016. 172 с.
8. Lemiasheuski, V.O. Substrate energy use by calves for weight gain / V. O. Lemiasheuski // Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. 2017. № 23(1). P. 24-30.
9. Soulat, J. Prediction of beef carcass and meat quality traits from factors characterising the rearing management system applied during the whole life of heifers / J Soulat, B Picard, S Léger, V. Monteils // Meat Sci. 2018. No 140. pp. 88-100. Doi: 10.1016/j.meatsci.2018.03.009.
10. Takemoto, S. Effect of long-distance transportation on serum metabolic profiles of steer calves / S Takemoto, S Tomonaga, M Funaba, T Matsui // Anim Sci J. 2017. No 88(12). pp. 1970-1978. Doi: 10.1111/asj.12870.