

УДК 636.2.033.085.25.087.74

**ВЛИЯНИЕ РАЗНОГО УРОВНЯ ДОСТУПНОГО ПРОТЕИНА В РАЦИОНЕ
НА ПЕРЕВАРИМОСТЬ И УСВОЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ У БЫЧКОВ
ХОЛМОГОРСКОЙ ПОРОДЫ ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ВЫРАЩИВАНИИ**

Харитонов Е.Л., Березин А.С.

*ВНИИ физиологии, биохимии и питания животных,
Боровск Калужской обл., Российская Федерация*

Цель работы – изучить процессы ферментации в преджелудках, переваримость и усвоение питательных веществ рациона у растущих бычков в зависимости от уровня в рационе доступного протеина (суммы переваримого нераспадаемого в рубце протеина корма и переваримого микробного белка). Опыт проведен методом групп/периодов (I-IV) по схеме латинского квадрата на бычках холмогорской породы при средней живой массе за время 3-х месячного опыта 204 кг и среднем суточном приросте живой массы 1300 г. Уровень обменной энергии во все периоды был одинаковым (60,9 МДж), а содержание сырого протеина (СП) последовательно повышали с 846 до 1002 г за счет ввода белковых кормовых добавок. Распадаемость протеина рационов по периодам опыта составляла 72,2 (I), 72,7 (II), 70,0 (III) и 69,1% (IV), содержание доступного протеина – 478, 491, 513, 526 г по периодам I-IV соответственно. В конце каждого периода проводили балансовые измерения, взвешивали животных, определяли переваримость питательных веществ, показатели микробиологических процессов в преджелудках (рН, ЛЖК, аммиак, количество бактерий, инфузорий, амилолитическую и целлюлозолитическую активность). Образцы рубцовой жидкости получали до и после кормления при помощи пищеводного зонда. Белковые кормовые добавки не оказывали существенного влияния на ферментативные и микробиологические процессы в рубце и на переваривание в кишечнике других компонентов рациона, за исключением протеина, переваримость которого увеличивалась, в результате чего повышалось обеспечение организма бычков доступным протеином. Изменение уровня доступного протеина в рационах с 7,8 до 8,6 г/МДж ОЭ сопровождалось увеличением отложения азота с 41,9 до 58,2 г ($P < 0.05$) с сохранением высокой эффективности его использования. Таким образом, повышение уровня доступного протеина до 8,4-8,6 г/МДж ОЭ оказывает положительное влияние на эффективность использования азота корма при интенсивном выращивании бычков холмогорской породы.

Ключевые слова: выращивание бычков, распадаемость протеина в рубце, обменный протеин, переваривание в рубце, переваримость и усвоение питательных веществ

Проблемы биологии продуктивных животных, 2017, 1: 92-101

Введение

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

кислот в кишечнике. В настоящее время считается доказанным, что характер биосинтетических процессов и продуктивные качества жвачных животных зависят от уровня и соотношения субстратов, доступных для метаболизма (Матвеев и др., 2003; Галочкина и др., 2004; Кальницкий и др., 2000). 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 (Kaufman, 1982; Campbell et al., 1997; Dhiman, Satter, 1997; Bethard et al., 1997; Orskov et al., 1999; Abe et al., 1999; Loest et al., 2001).

Молодняк крупного рогатого скота молочного направления продуктивности способен давать высокие приросты при относительно высоком использовании энергии и протеина кормов, а с возрастом отложение азота в теле (в расчете на кг прироста живой массы) снижается. Начиная с 6-7-месячного возраста, организм телят становится особенно требовательным к качеству кормового протеина. Так, при снижении распадаемости протеина с 78 до 63% за счет рыбной муки отложение азота в теле бычков в 8-, 10- и 12-месячном возрасте возрастало на 4,3; 5,9 и 3,1% соответственно (Степанов, Мешеряков, 2008). В опытах, проведенных в НППЦ по животноводству НАН Беларуси, было установлено, что для молодняка 4-6-месячного возраста оптимальное отношение расщепляемого протеина к нерасщепляемому в рационе составляет 68:32. Это способствует увеличению отложения азота на 12% и приростов на 5% (Ковалевская и др., 2010).

Оптимизация протеинового питания должна базироваться на создании условий для эффективного синтеза микробного белка в преджелудках и максимального поступления полноценного кормового белка в тонкий кишечник для обеспечения потребности организма в аминокислотах. Равномерное и синхронное высвобождение аммиака и расщепление крахмала, как основного источника доступной энергии, создаёт благоприятные условия для интенсивной синтетической деятельности микрофлоры рубца (Kim et al., 1999; Pathak, 2008).

При высокой интенсивности роста животных микробный белок не в состоянии удовлетворить потребности растущего организма в аминокислотах. Учитывая, что возможности синтеза микробного белка в рубце ограничены, для получения высоких привесов необходимо увеличивать количество обменных аминокислот за счёт поступления защищённого протеина в кишечник. Наряду с микробным белком в кишечник жвачных животных может поступать протеин корма, не ферментированный в рубце. В принятых в Российской Федерации детализированных нормах кормления не предусматривается оптимизация условий питания выращиваемого на мясо молодняка крупного рогатого скота с учетом потребности животных в доступном протеине (metabolizable protein – доступный для обмена, «обменный» протеин = сумма переваримого нераспадаемого в рубце протеина кормов и переваримого микробного белка).

В странах с развитым животноводством в системах питания жвачных животных предусматривается учёт качества протеина и углеводов корма. Показано, что данный подход экономически целесообразен не только при производстве молока, но и при выращивании животных на мясо (Bethard et al., 1997; Ludden, 1997). Система питания, разработанная в Корнельском университете (США), учитывает качество протеина и углеводов в кормах, что позволяет оптимизировать протеиновое питание жвачных животных и прогнозировать поток аминокислот из кишечника в метаболический пул (Beermann et al., 1997). Исследования показали, что с увеличением количества казеина, инфузируемого в сычуг бычков, увеличивается ретенция азота (Beermann et al., 1997). Следовательно, потенциальные возможности белоксинтезирующего аппарата у растущего молодняка крупного рогатого скота в значительной мере не реализуются, что лимитирует проявление генетического потенциала продуктивности.

Повышенное поступление аминокислот в метаболический пул у растущих бычков достигается при использовании рационов с низкой распадаемостью протеина (Huntington et al., 2001; Bodine, Purvis, 2003; Cole et al., 2003; Valkeners et al., 2006; Loe et al., 2006). Результаты исследований, выполненные нами ранее на оперированных бычках, также свидетельствуют о том, что можно увеличить всасывание аминокислот из кишечника за счет включения в рацион кормов с низкой распадаемостью протеина в рубце (Погосян, 1997; Погосян, 2011; Харитонов и др., 2003; Галочкина, 2006). Но в целом, проблемы, связанные с нормированием протеинового питания интенсивно растущих жвачных животных изучены недостаточно. Поэтому необходимо проведение исследований по оптимизации протеинового питания бычков в период интенсивного дорастивания за счёт увеличения в обменном фонде кормовых аминокислот из нераспавшегося протеина.

Целью данной работы было изучить процессы ферментации в преджелудках, переваримость и усвоение питательных веществ рациона у растущих бычков в зависимости от уровня в рационе доступного протеина.

Материал и методы

Исследование проведено на 4-х бычках холмогорской породы в возрасте 8-9 мес. с начальной живой массой 147 кг в условиях вивария ВНИИФБиП. Опыты проведены методом групп/периодов (I-IV) по схеме латинского квадрата при живой массе 204 кг в среднем за 3-месяца проведения опыта. Во время опыта бычки получали рационы в соответствии с живой массой и планируемым приростом ЖМ на уровне 1300 г. Во все периоды опыта бычки получали рацион с содержанием 50-60% концентрированных кормов по питательности. Кормление двухкратное в 8⁰⁰ и в 18⁰⁰. По периодам опыта последовательно повышали уровень доступного протеина в рационе за счет ввода кормовых добавок с пониженной распадаемостью протеина (соевый жмых) Уровень протеина в рационе бычков (отношение доступного протеина к обменной энергии) по периодам опыта составлял 7,8 (1), 8,06 (2), 8,4 (3), 8,6 (4).

Таблица 1. Рационы кормления бычков по периодам опыта

Корма, кг	Периоды			
	1	2	3	4
Сено злаковое	0,5	0,5	0,5	0,5
Силос разнотравный	6	6	6	6
Комбикорм	4,25	4,0	3,75	3,5
Жмых соевый		-	0,5	0,75
Жмых подсолнечный		0,25		
Мел	0,1	0,1	0,1	0,25
Соль	0,1	0,1	0,1	0,1
Премикс ПК-60	0,1	0,1	0,1	0,12
В рационе содержится				
Сухого вещества, кг	6,1	6,1	6,1	6,1
Обменной энергии (ОЭ)	60,9	60,9	60,9	60,9
Сырого протеина	846	898	950	1002
Распадаемого протеина	611	653	665	693
Доступного протеина (ОБ)	478	491	513	526
Органического вещества	5,74	5,74	5,74	5,74
Сырой клетчатки	918	934	920	921
Сырого жира	183	195	197	204
Сырой золы	384	394	392	396
БЭВ	3791	3710	3671	3611
ОБ/ОЭ	7,8	8,1	8,4	8,6

Относительную распадаемость нерастворимого протеина определяли методом *in sacco* (Харитонов, 2008). Для определения переваримости в кишечнике нераспавшегося в рубце протеина отдельных кормов использовали метод подвижных (мобильных) синтетических ме-

шочков (Voigt, 1985). Доступный протеин определяли суммированием переваренного нерастворившегося протеина кормов и переваренного микробного белка, оцененного по параметрам рубцовой ферментации питательных веществ рациона (Харитонов, 2003).

Эффективную распадаемость протеина кормов рассчитывали с использованием формулы (Orskov, McDonald, 1979):

$$p = a + \frac{bc}{c + k},$$

где p – распадаемость сырого протеина (СП), %, a – растворимая часть протеина корма (%), b – нерастворимая распадаемая часть протеина (%), c – относительная скорость распада фракции b , час⁻¹, k – относительная скорость эвакуации частиц корма из рубца, час⁻¹.

В конце каждого периода проводили балансовые измерения для учета потребления корма, выделения мочи, кала, а также взвешивали животных, определяли переваримость питательных веществ, показатели микробиологических процессов в преджелудках (рН-ионометрически, ЛЖК и их соотношение на газовом хроматографе после отгонки в аппарате Мартгама, аммиак диффузионным методом Конвея (Курилов, Харитонов, 1987), число бактерий, инфузорий, амилолитическую и целлюлозолитическую активности (Тараканов, 1977). Образцы рубцовой жидкости получали до- и после кормления при помощи пищеводного зонда. В ходе опытов вели ежедневный учет количества потребленных кормов, определяли химический состав кормов рациона. Бычков взвешивали во время опытов один раз в 30 дней.

Результаты и обсуждение

В период выращивания, при средней живой массе во время 3-х-месячного опыта 204 кг, бычки потребляли нормативное количество сухого вещества (около 6 кг), что соответствует потреблению бычками при среднесуточных приростах 1200 г (Калашников и др., 2003 г). В то же время бычки потребляли меньше сырого протеина, клетчатки и жира по сравнению с нормами и крахмала – значительно выше нормы. Межгрупповые различия наблюдали по потреблению сырого протеина и жиров ($P < 0,05$) (табл. 2). Существенного влияния повышенного уровня протеинового питания на потребление кормов не отмечено.

Таблица 2. Фактическое потребление питательных веществ в первом опыте, г/сут. ($M \pm m$; $n=4$)

Показатели	Группы/периоды			
	1 (7,8 г/МДж)	2 (8,1 г/МДж)	3 (8,4 г/МДж)	4 (8,6 г/МДж)
Сухое вещество	5997±432	6077±377	5847±278	5990±410
Сырой протеин	833±67,1	893±62,5 ¹	920±48,6 ¹	988,5±66,5 ^{1,2,3}
Сырая клетчатка	881±66,7	918±46,6	838±58,0	878±44,2
Липиды	180,2±12,26	194±11,3 ¹	190,8±8,48 ¹	201±12,3 ¹
Зола	377±48,2	391±44,4 ¹	372±45,7	383±40,2
БЭВ	3724±276	3680±253	3526±192	3542±271 ¹

Примечание: здесь и далее: ^{1,2,3} $P < 0,05$ по t-критерию при сравнении с соответствующим периодом.

Изучение показателей рубцовой ферментации показало, что в рубце бычков по мере увеличения в рационе протеина возрастал уровень аммиака, но достоверное различие зафиксировано только для 4-й группы по сравнению с 1-й (табл. 3). Образование ЛЖК и величина рН в рубце бычков всех опытных групп находилось на одном уровне. При этом не отмечено достоверных изменений и в соотношении ЛЖК (тенденция увеличения доли пропионовой кислоты во фракции ЛЖК на 8%).

Эти данные косвенно свидетельствуют об однотипности микробного синтеза и, соответственно, одинаковом вкладе микробных аминокислот в общий фонд доступного белка. Это подтверждается также показателями микробной активности в рубце, которые во время опыта во всех группах находились на одном уровне, т.е. обеспечение в опытных группах микрофлоры преджелудков углеводными компонентами, доступными формами аминокислот и аммонийным азотом было на одном уровне и не оказывало воздействия на развитие и жизнедеятельность микрофлоры и эффективность микробной ферментации.

Таблица 3. Среднесуточные показатели рубцовой ферментации в период выращивания (M±m;n=4)

Показатели	Периоды			
	1 (7,8 г/МДж)	2 (8,1 г/МДж)	3 (8,4 г/МДж)	4 (8,6 г/МДж)
pH	6,78±0,07	6,75±0,08	6,83±0,10	6,86±0,12
Аммиак, мг/дл	6,4±0,81	7,46±1,81	9,94±1,82	10,5±2,1 ²
ЛЖК, ммоль/100 мл	8,6±1,83	9,3±1,18	10,4±0,12	9,8±0,64
Ацетат, %	69,8±0,81	68,1±2,39	67,8±1,67	68,3±1,19
Пропионат, %	15,9±0,97	16,8±0,165	17,1±0,98	17,3±0,37
Бутират, %	14,3±0,32	15,0±2,23	14,9±0,71	14,3±1,24
Количество бактерий, млрд/мл	9,73±0,91	9,83±0,85	9,56±0,50	9,76±0,82
Количество инфузорий, тыс/мл	688,3±7,26	705±164,6	696±46,3	766±111
Амилитическая активность, Ед/мл	28,7±1,32	30,5±1,81 ¹	31,7±1,29	31,2±1,87
Целлюлозолитическая активность, %	5,0±1,67	6,3±0,31	5,4±1,98	5,4±0,38 ²

Имеются литературные данные, что включение в рацион жвачных медленно распадающегося протеина может стимулировать переваривание трудногидролизуемых углеводов за счет увеличения целлюлозолитической активности рубцовых микроорганизмов (McAllan, Smith, 1983).

По количеству переваренных питательных веществ отмечено увеличение количества переваренного протеина по периодам (P<0,05) за счёт большего его содержания в рационе и лучшего переваривания (табл. 4). По объёму переваривания других питательных веществ бычками не отмечено значительных расхождений между группами.

Таблица 4. Переваримость питательных веществ в желудочно-кишечном тракте (M±m;n=4)

Показатели	Периоды							
	1 (7,8 г/МДж)		2 (8,1 г/МДж)		3 (8,4 г/МДж)		4 (8,6 г/МДж)	
	Пр, г	Прм, %	Пр, г	Прм, %	Пр, г	Прм, %	Пр, г	Прм, %
СВ	3962±332	66,1±3,1	3867±389	63,3±2,9	3785±294	64,5±2,1	4167±137	69,0±2,6
СП	485±41	58,1±1,1	544±42 ¹	60,8±0,5	586±34 ^{1,2}	63,7±0,5 ^{1,2}	678±34 ^{1,2,3}	68,3±1,4 ^{1,2,3}
СК	393±38	45,5±6,7	403±21	43,8±0,1	347±9 ²	41,7±1,7	450±23 ³	50,6±5,6
Сырая зола	138±13	76,3±2,0	145±9	74,9±1,0	144,9±13 ¹	75,7±3,4	158±3 ¹	78,6±3,6
Сырой жир	186±12	50,1±3,6	186±36,6	46,7±4,4	162±28	42,9±2,6	201±22 ³	51,6±3,3 ³
БЭВ	2759±250	73,9±2,4	2588±305	69,9±4,5	2544±235	71,8±2,7	2680±128 ¹	75,9±2,2 ¹

Примечание: СВ – сухое вещество, СП – сырой протеин, СК – сырая клетчатка, Пр – переварено, Прм – переваримость.

Это подтверждает, что рационы были достаточно сбалансированы для обеспечения интенсивных пищеварительных процессов в рубце и кишечнике. Переваримость основных питательных веществ при повышении уровня нераспадаемого протеина в рационе существенно не изменялась, у бычков опытных групп она была на уровне аналогичных показателей в контрольной группе, за исключением сырого протеина, переваримость которого возрастала по мере увеличения содержания доступного белка в рационах (P<0,05).

Отмеченное увеличение переваримости сырого протеина, по-видимому, было обусловлено относительно высокой переваримостью нераспавшейся части протеина соевого жмыха, по сравнению с нераспавшейся частью протеина кормов основного рациона. Это согласуется с данными других исследователей (Курилов, Девяткин, 1989; Погосян, 1997), которые указывают на более низкую переваримость бактериального протеина, по сравнению с протеином корма. Отсутствие влияния уровня нераспадаемого протеина в рационе на остальные показатели переваримости объясняются незначительным его изменением (на 8 и 15% по сравнению с основным рационом).

По данным балансового опыта отмечено большее потребление азота и выделение его с мочой у бычков по периодам опыта (табл. 5). Отложение азота существенно возрастало ($P < 0.05$) по мере увеличения содержания доступного протеина в рационе. Увеличение ретенции азота при снижении распадаемости СП кормов было отмечено в работах многих исследователей (Девяткин, 1989; Степанов, 2008; Курилов, Погосян, 2011).

Таблица 5. Баланс азота в период выращивания, г ($M \pm m$; $n=4$)

Показатели	Периоды			
	1 (7,8г/МДж)	2 (8,1г/МДж)	3 (8,4г/МДж)	4 (8,6г/МДж)
Принято, г	133,3±10,75	142,9±10,0 ¹	147,2±7,76 ¹	157,9±10,7 ^{1,2,3}
Выделено с калом, г	55,7±4,49	55,8±3,3	53,5±2,39	50,7±5,16 ¹
Выделено с мочой, г	35,6±4,18	39,4±3,89 ¹	42,6±2,47 ¹	49,1±2,55 ^{1,2,3}
Отложено, г	41,9±2,54	47,6±2,84 ¹	50,9±2,97 ^{1,2}	58,2±3,77 ^{1,2,3}
Отложено от принятого, %	31,6±1,21	33,4±0,32	34,6±0,21	36,8±0,49 ^{1,2,3}
Отложено от переваренного, %	54,3±1,54	54,8±0,93	54,4±0,17	54,2±0,55
Выделено с мочой от принятого, %	26,5±0,94	27,5±0,78	28,9±0,29 ¹	31,1±1,08
Выделено с мочой от переваренного, %	45,6±1,54	45,1±0,93	45,5±0,17	45,7±0,55

Эффективность использования азота бычками последовательно увеличивалась только по отношению к принятому азоту с кормом. От переваренного азота бычки использовали азот с одинаковой эффективностью.

Повышение в рационе уровня доступного протеина с 7,8 до 8,6 г/МДж ОЭ сопровождается увеличением отложения азота с сохранением эффективности его использования, что позволяет рекомендовать в этот период такой уровень доступного белка. Однако, если учесть выделение азота с мочой, то из полученных данных следует, что при увеличении уровня доступного протеина выше 8,4 интенсивность отложения начинает снижаться. Поэтому оптимальным уровнем доступного протеина для бычков холмогорской породы следует считать 8,4 г/МДж обменной энергии.

Заключение

Проведенные исследования показали, что увеличение уровня нераспадаемого протеина за счет использования высокобелковых добавок с низкой распадаемостью протеина в рубце и высокой переваримостью в кишечнике не оказывает существенного влияния на ферментативные и микробиологические процессы в преджелудках бычков и не затрагивают переваривание в кишечнике других компонентов рациона, за исключением протеина, переваримость которого увеличивается. Повышение уровня доступного протеина до 8,4-8,6 г/МДж ОЭ оказывает положительное влияние на эффективность использования азота корма при интенсивном выращивании бычков холмогорской породы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галочкина В.П. Влияние кормов с низкой распадаемостью протеина в рубце на продуктивность откармливаемых бычков // Зоотехния. – 2006. – № 9. – С. 12-14.
2. Галочкина В.П., Матвеев В.А., Коровяцкий А.М., Дворецкая Т.Н. Концентрация глюкозы, гормонов в крови и продуктивность бычков при выращивании на мясо на фоне разного уровня протеина в их рационе. // Сб. научных трудов ВНИИФБиП. – 2004. – Т. 43. – С. 176-183.
3. Калашников А.П., Фисинин В.И., Щеглов В.В., Клейменов Н.И. (Ред.). Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. – М.: ВИЖ, 2003, 456 с.
4. Кальницкий Б.Д., Решетов В.Б., Харитонов Е.Л. К вопросу оценки питательной ценности рационов и нормирования кормления жвачных животных // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2000. – № 2. – С. 12-15.
5. Ковалевская Ю.Ю., Пентилюк С.И., Киреенко Н.В., Ярошевич С.А. Рубцовое пищеварение у бычков в зависимости от фракционного состава протеина в рационах // Мат. 5-й межд. конф. «Актуальные проблемы биологии в животноводстве». – Боровск: ВНИИФБиП, 2010. – С.44-45.
6. Курилов Н.В., Харитонов Л.В. (Ред). Изучение пищеварения у жвачных животных (методические указания). – Боровск: ВНИИФБиП, 1987. – 105 с.
7. Курилов П.Н., Девяткин В.А. Эффективность использования кормов в зависимости от различного соотношения легко- и трудноращепляемого протеина в рационе коров // В сб.: Протеиновое питание и продуктивность жвачных животных. Боровск: ВНИИФБиП, 1989. – Т. 36. – С. 79-84.
8. Матвеев В.А., Галочкина В.П., Коровяцкий А.М., Дворецкая Т.Н. Концентрация гормонов и показатели мясной продуктивности у откармливаемых бычков при использовании кормов с разной распадаемостью в рубце протеина // В сб.: Мат. III научно-практ. конф. «Перспективные направления в производстве и использовании комбикормов и балансирующих добавок». – Дубровицы: ВИЖ, 2003. – С. 97-99.
9. Погосян Д.Г. Переваримость нерасщепляемого в рубце протеина различных кормов в кишечнике растущих бычков: автореф. дисс. ...к.б.н., Боровск, 1997. – 25 с.
10. Погосян Д.Г. Защищенный протеин в рационах бычков на откорме // Нива Поволжья. – 2011. – № 2. – С. 94-99
11. Степанов И.А., Мещеряков А.Г. Динамика азотистого метаболизма у бычков герефордской породы в зависимости от степени расщепляемости протеина // Вестник РАСХН. – 2008. – № 2. – С. 82-83.
12. Тараканов Б.В. Методы исследования микрофлоры пищеварительного тракта сельскохозяйственных животных. – М.: Научный мир, 2006, 188 с.
13. Харитонов Е.Л. Комплексные исследования процессов рубцового и кишечного пищеварения у жвачных животных в связи с прогнозированием образования конечных продуктов переваривания кормов: автореф. дисс. ... д.б.н., Боровск, 2003. – 51 с.
14. Харитонов Е.Л. Методические и инструментальные подходы к изучению физиологических и биохимических процессов образования конечных продуктов переваривания у продуктивных жвачных животных // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2008. – № 4. – С. 42-71.
15. Харитонов Е.Л., Материкин А.М. Принципы расчета образования субстратов и метаболитов в желудочно-кишечном тракте жвачных животных // Доклады РАСХН. – 2001. – 3: 33-37.
16. Abe M., Yamazaki K., Kasahara K. Absence of limiting amino acids in calves fed a corn and soybean meal diet past three months of age // J. Anim. Sci. – 1999. – Vol. 77. – P. 769-779.
17. Beermann D.H., Robinson T.F., Knaus W.F., Fox D.G. Formulation of protein supplements to provide ideal amounts of absorbed amino acids in growing cattle // Proc. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. – Cornell University, Ithaca, NY. 1997. – P. 172-180.
18. Bethard G.L., James R.E., McGilliard M.L. Effect of rumen-undegradable protein and energy on growth and feed efficiency of growing holstein heifers // J. Dairy Sci. – 1997. – Vol. 80. – P. 2149-2155.
19. Bodine T.N., Purvis H.T. Effects of supplemental energy and/ or degradable intake protein o performance, grazing behavior, intake, digestibility, and fecal and blood indices by beef steers grazed on dormant native tall grass prairie // J. Anim. Sci. – 2003. – Vol. 81. – No. 1. – P. 304-317.
20. Campbell C.G., Titgemeyer E.C., St-Jean G. Sulfur amino acid utilization by growing steers // J. Anim. Sci. – 1997. – Vol. 75. – P. 230-238.
21. Cole N.A., Greene L.W., McCollum F.T., Montgomery T., McBride K. Influence of oscillating dietary crude protein concentration on performance, acid-base balance, and nitrogen excretion of steers // J. Anim. Sci. – 2003. – Vol. 81. – No. 11. – P. 2660-2668.

22. Dhiman T.R., Satter L.D. Effect of ruminally degraded protein on protein available at the intestine assessed using blood amino acid concentrations // *J. Anim. Sci.* – 1997. – Vol. 75. – P. 1674-1680.
23. Huntington G., Poore M., Hopkins B., Spears J. Effect of ruminal protein degradability on growth and N metabolism in growing beef steers // *J. Anim. Sci.* – 2001. – Vol. 79. – P. 533-541.
24. Kaufman W., Luppig W. Protected proteins and protected amino acids for ruminants // In: Protein contribution of feedstuffs for ruminants. – London: Butterworth's, 1982. – P. 36-75.
25. Kim K.H., Choung J.J., Chamberlain D.G. Effects of varying the degree of synchrony of energy and nitrogen release in the rumen on the synthesis of microbial protein in lactating dairy cows consuming a diet of grass silage and a cereal-based concentrate // *J. Sci. Food. Agric.* – 1999. – Vol. 79. – P. 1441-1447.
26. Loe E.R., Bauer M.L., Lardy G.P. Grain source and processing in diets containing varying concentrations of wet corn gluten feed for finishing cattle // *J. Anim. Sci.* – 2006. – Vol. 84. – P. 986-996.
27. Loest C.A., Titgemeyer E.C., Lambert B.D., Trater A.M. Branched-chain amino acids for growing cattle limit-fed soybean hull-based diets // *J. Anim. Sci.* – 2001. – Vol. 79. – P. 2747-2753.
28. Ludden P.A., Kerley M.S. Amino acid and energy interrelationships in growing beef steers: 1. The Effect of level of feed intake on ruminal characteristics and intestinal amino acid flows // *J. Anim. Sci.* – 1997. – Vol. 75. – P. 2550-2560.
29. McAllan A.B., Smith R.M. Factors influencing the digestion of dietary carbohydrates between the mouth and abomasums of steers // *Brit. J. Nutr.* – 1983. – Vol. 50. – P. 445-454.
30. Orskov E.R., Meehan D.E., MacLeod N.A., Kyle D.J. Effect of supply on fasting nitrogen excretion and effect of level and type of volatile fatty acid infusion on response to protein infusion in cattle // *Brit. J. Nutr.* – 1999. – Vol. 81. – P. 389-393.
31. Ørskov E.R., McDonald J.I. The estimation of protein degradation in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage // *Agric. Sci.* – 1979. – Vol. 92. – No. 2. – P. 409-503.
32. Pathak A.K. Various factors affecting microbial protein synthesis in the rumen // *Veterinary World.* – 2008. – Vol. 1. – No. 6. – P. 186-189.
33. Valkeners D., Thewis A., Amant S., Beckers Y. Effect of various levels of imbalance between energy and nitrogen release in the rumen on microbial protein synthesis and nitrogen metabolism in growing double-muscled Belgian Blue bulls fed a corn silage-based diet // *J. Anim. Sci.* – 2006. – Vol. 84. – P. 877-885.
34. Voigt J., Piatkowsky B., Engelmann M. et. al. Measurement of the post-ruminal digestibility of crude protein by the bag technique in cows // *Arch. Tierernähr.* – 1985. – Vol. 35. – No. 8. – P. 555-562.

REFERENCES

1. Abe M., Yamazaki K., Kasahara K. Absence of limiting amino acids in calves fed a corn and soybean meal diet past three months of age. *J. Anim. Sci.* 1999, 77: 769-779.
2. Beermann D.H., Robinson T.F., Knaus W.F., Fox D.G. Formulation of protein supplements to provide ideal amounts of absorbed amino acids in growing cattle. *Proc. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers.* Ithaca, NY: Cornell Univ. Publ., 1997, P. 172-180.
3. Bethard G.L., James R.E., McGilliard M.L. Effect of rumen-undegradable protein and energy on growth and feed efficiency of growing holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 1997, 80: 2149-2155.
4. Bodine T.N., Purvis H.T. Effects of supplemental energy and/ or degradable intake protein on performance, grazing behavior, intake, digestibility, and fecal and blood indices by beef steers grazed on dormant native tall grass prairie. *J. Anim. Sci.* 2003, 81(1): 304-317.
5. Campbell C.G., Titgemeyer E.C., St-Jean G. Sulfur amino acid utilization by growing steers. *J. Anim. Sci.* 1997, 75: 230-238.
6. Cole N.A., Greene L.W., McCollum F.T., Montgomery T., McBride K. Influence of oscillating dietary crude protein concentration on performance, acid-base balance, and nitrogen excretion of steers. *J. Anim. Sci.* 2003, 81(11): 2660-2668.
7. Dhiman T.R., Satter L.D. Effect of ruminally degraded protein on protein available at the intestine assessed using blood amino acid concentrations. *J. Anim. Sci.* 1997, 75: 1674-1680.
8. Galochkina V.P. *Zootekhnika - Zootechnics.* 2006, 9:12-14.
9. Galochkina V.P., Matveev V.A., Korovyatskii A.M., Dvoretzkaya T.N. *Trudy VNIIFBiP - Proc. Inst. Anim. Physiol. Biochem. Nutr.* 2004, 43: 176-183.
10. Huntington G., Poore M., Hopkins B., Spears J. Effect of ruminal protein degradability on growth and N metabolism in growing beef steers. *J. Anim. Sci.* 2001, 79: 533-541.

11. Kalashnikov A.P., Fisinin V.I., Shcheglov V.V., Kleimenov N.I. (Red.). *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Norms and feeding ration for farm animals). Moscow: VIZH Publ., 2003, 456 p.
12. Kal'nitskii B.D., Reshetov V.B., Kharitonov E.L. *Vestnik RASKHN - Bull. Russ. Acad. Agr. Sci.* 2000, 2: 12-15.
13. Kaufman W., Luppig W. Protected proteins and protected amino acids for ruminants. In: *Protein contribution of feedstuffs for ruminants*. London: Butterworth's, 1982, P. 36-75.
14. Kharitonov E.L. *Kompleksnye issledovaniya protsessov rubtsovogo i kischechnogo pishchevareniya u zhvachnykh zhivotnykh v svyazi s prognozirovaniem obrazovaniya konechnykh produktov perevarivaniya kormov* (Comprehensive study of the processes of rumen and intestinal digestion in ruminants in connection with predicting formation of the final products of forage digestion). Extended Abstract of Diss. Dr. Sci. Biol., Borovsk: VNIIFBP, 2003, 51 p.
15. Kharitonov E.L. [Methodical and instrumental approaches to the study of physiological and biochemical processes of formation of the end products of digestion in productive ruminants]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology*. 2008, 4: 42-71.
16. Kharitonov E.L., Materikin A.M. *Doklady Rossiiskoi Akademii Sel'skokhozyaistvennykh Nauk - Russian Agricultural Sciences*. 2001, 3: 33-37.
17. Kim K.H., Choung J.J., Chamberlain D.G. Effects of varying the degree of synchrony of energy and nitrogen release in the rumen on the synthesis of microbial protein in lactating dairy cows consuming a diet of grass silage and a cereal-based concentrate. *J. Sci. Food. Agric.* 1999, 79: P. 1441-1447.
18. Kovalevskaya Yu.Yu., Pentilyuk S.I., Kireenko N.V., Yaroshevich S.A. In: *Materialy 5-i mezhdunarodnoi konferentsii: «Aktual'nye problemy biologii v zhivotnovodstve»* (Proc. 5th Int. Conf.: Actual problems of livestock biology, 2010, P. 44-45.
19. Kurilov P.N., Devyatkin V.A. [Feed efficiency, depending on the ratio of different easy and low-degradable protein in the ration of cows]. In: *Proteinovoe pitanie i produktivnost' zhvachnykh zhivotnykh* (Protein nutrition and productivity of ruminants). Borovsk: VNIIFBiP, 1989, 36: 79-84.
20. Kurilov N.V., Kharitonov L.V. (Eds.). *Izuchenie pishchevareniya u zhvachnykh zhivotnykh (metodicheskie ukazaniya)* (Study of digestion in ruminants: guidelines). Borovsk: VNIIFBiP, 1987, 105 p.
21. Loe E.R., Bauer M.L., Lardy G.P. Grain source and processing in diets containing varying concentrations of wet corn gluten feed for finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 2006, 84: 986-996.
22. Loest C.A., Titgemeyer E.C., Lambert B.D., Trater A.M. Branched-chain amino acids for growing cattle limit-fed soybean hull-based diets. *J. Anim. Sci.* 2001, 79: 2747-2753.
23. Ludden P.A., Kerley M.S. Amino acid and energy interrelationships in growing beef steers: 1. The Effect of level of feed intake on ruminal characteristics and intestinal amino acid flows. *J. Anim. Sci.* 1997, 75: 2550-2560.
24. Matveev V.A., Galochkina V.P., Korovyatskii A.M., Dvoret'skaya T.N. *Mat. III nauchno-prakt. konf. «Perspektivnye napravleniya v proizvodstve i ispol'zovanii kombikormov i balansiruyushchikh dobavok»* (Proc. III Conf.: Perspective trends in the production and use of concentrates and balancing feed additives). Dubrovitsy: VIZh Publ., 2003, P. 97-99.
25. McAllan A.B., Smith R.M. Factors influencing the digestion of dietary carbohydrates between the month and abomasums of steers. *Brit. J. Nutr.* 1983, 50: 445-454.
26. Orskov E.R., Meehan D.E., MacLeod N.A., Kyle D.J. Effect of supply on fasting nitrogen excretion and effect of level and type of volatile fatty acid infusion on response to protein infusion in cattle. *Brit. J. Nutr.* 1999, 81: 389-393.
27. Ørskov E.R., McDonald J.I. The estimation of protein degradation in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Agric. Sci.* 1979, 92(2): 409-503.
28. Pathak A.K. Various factors affecting microbial protein synthesis in the rumen. *Veterinary World*. 2008, Vol. 1. – No. 6. – P. 186-189.
29. Pogosyan D.G. *Perevarimost' nerasshcheplyaemogo v rubtse proteina razlichnykh kormov v kischechnike rastushchikh bychkov* (Digestibility of non-degradable protein of different feeds in the intestine of growing bulls). Extended Abstract of Diss. Cand. Sci, Biol., Borovsk, 1997, 25 p.
30. Pogosyan D.G. *Niva Povolzh'ya - Cornfield of Volga region*. 2011, 2: 94-99
31. Stepanov I.A., Meshcheryakov A.G. *Vestnik RASKHN - Bull. Russ. Acad. Agr. Sci.* 2008, 2: 82-83.
32. Tarakanov B.V. *Metody issledovaniya mikroflory pishchevaritel'nogo trakta sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Methods of studying microflora of the digestive tract in farm animals). Moscow: Nauchnyi mir Publ., 2006, 188 p.

33. Valkeners D., Thewis A., Amant S. Beckers Y. Effect of various levels of imbalance between energy and nitrogen release in the rumen on microbial protein synthesis and nitrogen metabolism in growing double-muscled Belgian Blue bulls fed a corn silage-based diet. *J. Anim. Sci.* 2006, 84: 877-885.
34. Voigt J., Piatkowsky B., Engelmann M. et. al. Measurement of the postruminal digestibility of crude protein by the bag technique in cows. *Arch. Tierernähr.* 1985, 35(8): 555-562.

Influence of different levels of metabolizable protein in ration on digestibility and assimilation of nutrients in intensively growing bulls of Holmogor breed

Kharitonov E.L., Berezin A.S

Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition, Borovsk Kaluga oblast, Russian Federation

ABSTRACT. The aim was to study the fermentation processes in rumen, digestibility and assimilation of nutritional substances in intensively growing calves, depending on the level of metabolizable protein (sum of digestible nondegradable feed protein and digestible microbial protein) in ration. The trial was performed by method of groups/periods (I-IV) according to Latin square scheme on young bulls of Kholmogor breed with an average live weight during the 3-month experience of 204 kg and the average weight gain 1300 g. Levels of metabolizable energy (ME) in all periods were similar (60.9 MJ), the content of crude protein (SP) was sequentially increased from 846 to 1002 g by the use of feed protein additives. Protein degradability in periods was 72.2 (I), 72.7 (II), 70.0 (III) and 69.1% (IV), metabolizable protein levels were 478, 491, 513, 526 g for the periods I-IV respectively. At the end of each period, balance measurements were performed to account for feed intake, urine output, feces, the animals weighed and determined indicators of microbial processes in the rumen (pH, VFA, ammonia, the quantity of bacteria, ciliates, amylolytic and cellulolytic activity) and nutrients digestibility. Samples of rumen content were obtained before and after feeding using an esophageal probe. Protein feed supplements had no significant effect on the enzymatic and microbiological processes in the rumen and intestinal digestion of other components of the ration, with exception of protein; its digestibility increased, resulting in increased supply to the body of metabolizable protein. Alterations in the level of metabolizable protein in the diets from 7.8 to 8.6 g/MJ ME accompanied by increased daily deposition of nitrogen from 41.9 to 58.2 g ($P < 0.05$) while maintaining a high efficiency of its use. Thus, the increase in metabolizable protein to 8.4-8.6 g/MJ ME has a positive effect on the efficiency of feed nitrogen assimilation in intensively growing calves of Kholmogor breed.

Keywords: growing bulls, degradability of protein in rumen, metabolizable protein, nutrients digestibility, nutrients assimilation

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2017, 1: 92-101

Поступило в редакцию: 06.02.2016

Получено после доработки: 17.02.2017

Харитонов Евгений Леонидович, д.б.н., зав. лаб., зам. дир., т. (48438)4-30-16; evgenijkharito@yandex.ru

Березин Александр Сергеевич, н.с.