

УДК 636.2.084.52:612.320:612.398:636.085.25

**ВЛИЯНИЕ РАЗНОГО УРОВНЯ ТРУДНО РАСПАДАЕМОГО ПРОТЕИНА
НА ПЕРЕВАРИМОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ
ВЕЩЕСТВ У БЫЧКОВ ЧЁРНО-ПЁСТРОЙ ПОРОДЫ В ПЕРИОД ОТКОРМА**

Харитонов Е.Л., Березин А.С.

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

Опыт проведен по методу периодов с использованием схемы латинского квадрата на 4 бычках чёрно-пестрой породы с начальной живой массой 335 кг в возрасте 10 месяцев при среднесуточном приросте живой массы 1450 г. По четырём периодам опыта продолжительностью 28 дней каждый последовательно повышали уровень обменного протеина в рационе за счёт ввода кормовой добавки с пониженной распадаемостью протеина (соевый жмых). Уровень обменной энергии во все периоды был одинаковым (89 МДж), а уровень сырого протеина последовательно повышался с 1291 до 1395 г; распадаемость протеина (%) в I, II, III и IV периодах составляла 58,9; 69,4; 68,2 и 67,9; количество обменного протеина – 478, 491, 513, 526 г соответственно. Эффективную распадаемость кормового протеина рассчитывали по данным определения относительной распадаемости в рубце *in sacco* и скорости эвакуации из рубца; обменный протеин определяли по сумме переваренного нераспадаемого протеина и переваренного в кишечнике микробного белка. В образцах рубцовой жидкости, взятых через 3 ч после утреннего кормления, определяли рН, содержание ЛЖК и аммиака, количество бактерий и инфузорий, амилалитическую и целлюлозолитическую активность. Белковые кормовые добавки не оказывали существенного влияния на ферментативные и микробиологические процессы в рубце и на переваривание в кишечнике компонентов рациона, за исключением протеина, переваримость которого увеличивалась и соответственно повышалось количество обменного протеина. Повышение уровня обменного протеина в рационах с 7,8 до 8,5 г на 1 МДж ОЭ сопровождалось увеличением отложения азота с 57,9 до 69,6 г ($P < 0.05$) с сохранением высокой эффективности его использования. Величина суточного прироста живой массы начинала снижаться при величине соотношения обменный белок/обменная энергия, равной 8,2. Заключение, что повышение уровня обменного протеина до 8,2 г/МДж ОЭ за счёт добавки источников трудно распадаемого протеина при интенсивном выращивании бычков чёрно-пестрой породы оказывает положительное влияние на эффективность использования протеина корма.

Ключевые слова: бычки на откорме, чёрно-пёстрая порода, рубцовое пищеварение, трудно распадаемый протеин, обменная энергия, эффективность использования питательных веществ

Проблемы биологии продуктивных животных, 2017, 3: 87-97

Введение

Производство говядины в большинстве стран с развитым скотоводством базируется на интенсивном выращивании и откорме животных, при котором особенное значение имеет организация полноценного протеинового питания. При содержании зерновых концентратов на уровне 50-55% от обменной энергии рациона интенсивность микробиологических процессов в рубце достаточна для наращивания микробной массы, которая после переваривания в кишечнике, наряду с переваримым труднораспадаемым («нераспадаемым») протеином корма (НРП) служит источником аминокислот для обеспечения метаболических процессов в организме жвачных животных (обменный белок, $ОБ = 6,25 \times$ [количество азота аминокислот, дос-

тупного для всасывания в кишечнике - потери азота с мочой]). Однако при высокой интенсивности роста животных в периоды дорастивания и откорма, для которых характерно интенсивное накопление мышечной массы, количество микробного белка и НРП не в состоянии удовлетворить потребности растущего организма в аминокислотах (Cooper, 2002; Pathak., 2008; Valkeners, 2006, Leurr, 2006). Учитывая, что возможности синтеза микробного белка в рубце ограничены, для получения высоких приростов живой массы необходимо увеличивать количество обменного белка за счёт применения кормовых добавок с повышенным содержанием НРП.

В период выращивания молодые животные обладают высокой способностью к белковому синтезу, хорошо используют протеин корма для формирования мышечной ткани, дают высокие приросты при относительно экономных затратах энергии и эффективном использовании протеина кормов (Легошин, 1999; Стрекозов, Легошин, 2002; Лое и др., 2006). На стадии откорма интенсивность отложения белка в мышцах уменьшается (Клейменов и др., 1989; Радченков и др., 1991; Алиев и др., 1997) вследствие снижения эффективности синтеза (синтез/распад) (Еримбетов, 2003), поэтому потребность в обменном белке с возрастом уменьшается в меньшей степени, по сравнению с размерами и массой тела.

Показано, что в завершающей фазе откорма бычков рационы на основе сухого плющеного зерна кукурузы без добавок азотистых веществ являются дефицитными по протеину, а повышенное поступление источников трудно распадаемого протеина улучшает продуктивность (Shain et al., 1998; Bandyk et al., 2001). Установлено, что снижение распадаемости протеина с 71 до 64% за счет замены в комбикормах подсолнечного шрота на кукурузный глютен и соевый шрот способствует увеличению прироста живой массы бычков на 7,5% и выхода мякоти в туше на 3,7% (Михайлов, 2008). При откорме сверхремонтного молодняка крупного рогатого скота на сенажных рационах распадаемость протеина снижалась незначительно по сравнению с силосным рационом (с 70,7 до 69,8), однако это способствовало увеличению живой массы бычков на 19% (Татаркина, 2010).

Молодняк крупного рогатого скота молочного направления продуктивности при интенсивном выращивании и откорме способен проявить высокие показатели скорости роста и качества мяса (Фомичев, 1998; Акчурина, 1998, 2000; Легошин, 1999; Ларионов, 2009). Поэтому проблема уточнения потребности в обменном белке актуальна и для бычков молочных пород, выращиваемых на мясо. При сбалансированных уровнях в рационе энергии и сырого протеина, использование кормов с пониженной распадаемостью протеина и крахмала в рубце позволяет получить дополнительно высококачественную говядину от бычков молочных пород. В частности, в условиях 3,5-месячного дифференцированного питания от каждого бычка было получено дополнительно 11,9 кг мяса (Галочкина, 2006).

При включении в рацион белков 0,25 кг рыбной муки в сочетании с 0,75 кг кормовой патоки интенсивность роста бычков была на 4,1% выше по сравнению с дачей животным 0,4 кг подсолнечного шрота с кормовой патокой и на 11,1% выше, чем в контроле, где скармливали только ячменную дерть (Мещеряков и др., 2008). Установлено, что использование трудно деградируемых источников протеина в рационах интенсивно растущих бычков в разные периоды откорма способствует увеличению живой массы на 6,5-20% и выходу мякоти в тушах на 3,7-4% (Погосян, 1997, 2011; Матвеев, 2003; Галочкина, 2006; Михайлов, 2008; Leurr, 2006).

Необходимо отметить, что применяемые за рубежом системы протеинового и аминокислотного питания также далеки от совершенства и нуждаются в совершенствовании для широкого практического использования при выращивании и откорме молодняка крупного рогатого скота (Кальницкий, 2000). В частности, одним из их недостатков является малоэффективная увязка основных параметров протеинового и энергетического питания жвачных животных. Дальнейшее совершенствование существующих и разработка новых подходов по нормированию питания бычков молочных пород при интенсивном выращивании и откорме возможно на основе данных физиологии и биохимии пищеварения жвачных животных с учё-

том комплекса показателей, позволяющих прогнозировать поступление аминокислот в организм.

Целью данной работы было изучить процессы ферментации в преджелудках, переваримость и усвоение питательных веществ рациона у откармливаемых бычков чёрно-пёстрой породы в зависимости от уровня в рационе нераспадаемого и обменного протеина.

Материал и методы

Опыт проведен по методу периодов с использованием схемы латинского квадрата на 4 бычках черно-пестрой породы с начальной живой массой 335 кг в возрасте 10 месяцев. Во время опыта бычки получали рационы с учётом живой массы и планируемых суточных приростов на уровне 1300-1400 г. По периодам опыта продолжительностью 28 дней каждый последовательно повышали уровень обменного протеина в рационе за счет ввода кормовых добавок с пониженной распадаемостью протеина (соевый жмых). В I периоде (период выращивания) отношение обменного протеина к обменной энергии в рационе было на уровне 7,8, во II – 8,1, в III – 8,2 и в IV – 8,5.

Эффективную распадаемость протеина кормов рассчитывали по данным определения относительной распадаемости в рубце *in sacco* и скорости эвакуации из рубца (Orskov, McDonald, 1979; Харитонов, 2008). Для определения переваримости в кишечнике трудно распадаемого в рубце протеина отдельных кормов использовали метод подвижных (мобильных) синтетических мешочков (Voigt, 1985). Обменный протеин определяли по сумме переваримого нераспавшегося протеина кормов и переваренного микробного белка, оцененного по измеренным показателям рубцовой ферментации (кг ферментированного органического вещества кормов \times 24 г азота микробного белка \times 0,7 (Кальницкий, 2005).

Во все периоды опыта бычки получали рацион с содержанием 50-60% концентрированных кормов по питательности. Кормление животных двухкратное.

Таблица 1. Рационы кормления по периодам опыта

Корма, кг	Периоды			
	I	II	III	IV
Сено злаковое	1,0	1,0	1,0	1,0
Силос разнотравный	12	12	12	12
Комбикорм	5,4	5,16	5,16	4,91
Жмых соевый	-	-	0,25	0,5
Жмых подсолнечный		0,25		
Мел	0,1	0,1	0,1	0,1
Соль	0,1	0,1	0,1	0,1
Премикс ПК-60	0,1	0,1	0,1	0,1
	В рационе содержится			
Сухого вещества, кг	9,94	9,94	9,94	9,94
Обменной энергии (ОЭ), МДж	88,9	88,9	88,9	88,9
Сырого протеина, г	1291	1343	1343	1395
Распадаемого протеина ⁺ , г	890	933	916	948
Обменного протеина (ОБ), г	699	728	732	754
Органического вещества, г	9,3	9,3	9,3	9,3
Сырой клетчатки, г	1812	1823	1813	1814
Сырого жира, г	278	288	285	292
Сырой золы, г	605	612	608	612
БЭВ, г	5948	5874	5888	5828
ОБ/ОЭ	7,8	8,1	8,2	8,5

Примечание: ⁺ оценки эффективной распадаемости протеина по: Orskov, McDonald, 1979.

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 Март-

гама, аммиак диффузионным методом Конвея (Курилов, Харитонов, 1987), число бактерий, инфузорий, амилोलитическую и целлюлозолитическую активность (Тараканов, 2006). Образцы рубцовой жидкости получали через 3 ч после утреннего кормления при помощи пищеводного зонда. В ходе опытов вели ежедневный учет количества потребленных кормов, определяли химический состав кормов рациона. Бычков взвешивали перед началом опыта и затем с интервалом 30 дней.

Результаты и обсуждение

В период откорма, при средней живой массе 402 кг во время 3-х месячного опыта (с 10 по 13 мес.), бычки потребляли меньше сухого вещества, обменной энергии, сырого протеина, клетчатки и жира по сравнению с нормами и значительно выше – крахмала по сравнению с нормативными показателями при живой массе 400 кг и при среднесуточных приростах 1400 г (Калашников и др., 2003). Межгрупповые различия наблюдали по потреблению сырого протеина и жиров согласно рационам ($P < 0,05$) (табл. 2). Определение белковой питательности использованных протеиновых добавок на оперированных животных показало, что распадаемость СП подсолнечного жмыха была на уровне $79,5 \pm 1,2\%$, а соевого – $42,1 \pm 0,8\%$, при переваримости нераспавшейся части в кишечнике $71,1 \pm 1,6$ и $92,7 \pm 1,2\%$.

Таблица 2. Потребление питательных веществ по периодам опыта, г/сут (первый опыт) ($M \pm m$; $n=4$)

Показатели	Периоды			
	I (7,8 г/МДж)	II (8,1 г/МДж)	III (8,2 г/МДж)	IV (8,5 г/МДж)
Сухое вещество	9829±517	9791±454	9785±476	9880±480
Сырой протеин	1280±70	1327±68 ¹	1328±72 ¹	1387±67 ^{1,2,3}
Сырая клетчатка	1780±127	1782±95	1765±93	1794±115
Липиды	276±9	287±9 ¹	282±10 ²	290±9 ^{1,3}
Зола	597±61	602±56	596±57	607±59 ¹
БЭВ	5894±274	5792±247	5813±261	5795±254 ¹

Примечание: $P < 0,05$ по t -критерию при сравнении с указанными периодами.

По мере увеличения в рационе содержания сырого протеина, значительное возрастание уровня аммиака в рубце зафиксировано только для IV периода по сравнению с I (табл. 3), что было обусловлено повышенным содержанием в рационе распадаемого протеина. Образование ЛЖК и величина рН в рубце бычков во все периоды опыта сохранялись на одном уровне, Снижение уровня ЛЖК отмечено только в IV периоде; при этом не отмечено существенных изменений и в соотношении ЛЖК. Эти данные косвенно свидетельствуют об однотипности темпов микробного синтеза и, соответственно, одинаковом вкладе микробных аминокислот в общий фонд обменного белка. Это подтверждают показатели микробной активности в рубце (табл. 3), которые во все периоды опыта находились на одном уровне. По показателям численности рубцовой микрофлоры также не установлено существенных различий. Известно, что включение в рацион источников трудно распадаемого протеина стимулирует переваривание трудно гидролизуемых углеводов за счет увеличения целлюлозолитической активности рубцовых микроорганизмов (McAllan, Smith, 1983), что наблюдалось в IV периоде опыта.

По количеству переваренных питательных веществ отмечено увеличение переваренного протеина (на 7-15%), как за счет его большего содержания в рационе, так и лучшего переваривания, а также снижение количества переваренных БЭВ (на 5%) только в IV периоде (табл. 4). По количеству других переваренных питательных веществ не отмечено значительных различий между периодами. Это подтверждает, что рационы были достаточно хорошо оптимизированы для поддержания интенсивных пищеварительных процессов в рубце и кишечнике коров.

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

Показатели	Периоды			
	I (7,8 г/МДж)	II (8,1 г/МДж)	III (8,4 г/МДж)	IV (8,6 г/МДж)
pH	7,15±0,04	6,96±0,09	7,05±0,09	6,96±0,07
Аммиак, мг/дл	7,80±0,88	8,70±0,58	6,70±1,55	9,2±0,98 ¹
ЛЖК, ммоль/дл	8,90±0,48	8,42±0,47	8,52±0,27	7,60±0,04
Ацетат, %	72,8±1,8	68,4±3,6	72,5±1,3	71,7±1,92
Пропионат, %	15,4±1,1	17,1±2,3	14,5±0,8	15,2±1,0
Бутират, %	11,7±0,99	14,5±1,4	12,9±0,63	13,0±1,0
Количество бактерий, млрд/мл	9,70±0,58	9,13±0,34	9,8±0,6	10,0±0,2 ²
Количество инфузорий, тыс./мл	615±34	711±14	635±61,1	618±24
Амилолитическая активность, Ед/мл	34,3±1,5	33,2±2,5	34,8±1,6	34,6±0,6
Целлюлозолитическая активность, %	10,4±0,9	10,9±1,0	9,76±1,26	11,6±1,2 ³

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

Показатели	Периоды							
	I (7,8 г/МДж)		II (8,1 г/МДж)		III (8,4 г/МДж)		IV (8,6 г/МДж)	
	Перевари- рено, г	Перевари- мость, %						
Сухое вещество	6413±53	65,0±2,2	6385±21	65,3±1,0	6514±21 ²	66,6±1,2 ²	6280±52	63,3±2,4 ¹
Сырой протеин	736±65	57,3±2,3	775±37	58,4±1,0	789±32	59,5±0,8	845±60 ¹	60,8±1,4
Сырая клетчатка	918±68	51,6±2,2	930±12	52,5±3,6	968±9	55,1±2,7 ²	908±58	50,7±2,8
Сырая зола	211±18	76,3±4,1	222±11	77,2±1,3	219±10	77,5±0,9	225±14 ¹	77,5±2,4
Сырой жир	232±37	38,8±4,2	238±19	40,0±3,5	232±12	39,2±2,0	203±39	39,0±2,8
БЭВ	4314±37	72,9±3,0	4218±18	72,8±1,7	4305±16	74,1±1,4 ²	4094±37 ¹	70,3±3,5 ¹

Переваримость питательных веществ во всех периодах опыта была на уровне аналогичных показателей в первый период, за исключением сырого протеина, переваримость которого возрастала по мере увеличения содержания обменного белка в рационах (табл. 4). Отмеченное увеличение переваримости сырого протеина происходило, по-видимому, из-за относительно высокой переваримости нераспадаемого протеина соевого жмыха, которая была выше переваримости этой фракции протеина кормов основного рациона. Полученные результаты согласуются с данными других работ (Погосян, 1997; Харитонов, 2003), в которых показана более низкая переваримость микробного протеина, по сравнению с трудно распадаемым протеином корма.

Отсутствие влияния уровня нераспадаемого протеина в рационе на остальные показатели переваримости объясняется незначительным его изменением по периодам опыта (на 4-8% от ОР).

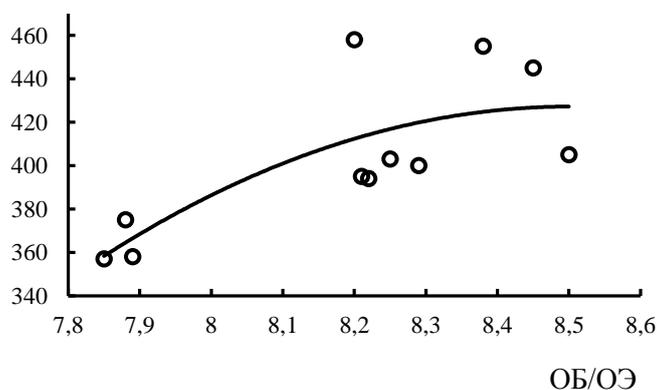
Таким образом, повышение уровня нераспадаемого протеина у бычков в период выращивания за счет применения концентрированных белковых добавок с низкой распадаемостью не оказывает выраженного влияния на потребление кормов, процессы рубцового пищеварения и не снижает переваривание в кишечнике других компонентов рациона, за исключением протеина. Увеличение ретенции азота при снижении распадаемости сырого протеина кормов было отмечено в работах других исследователей (Степанов, 2008; Погосян, 2011).

По данным балансового опыта отмечено более высокое потребление азота бычками во II, III и IV периодах опыта по сравнению с I периодом (табл. 5). Выделение азота с калом было на одном уровне, отложение азота возрастало по мере увеличения содержания обменного белка в рационе ($P < 0,05$), оно было наивысшим в IV периоде опыта. От переваренного азота в I, II и III периодах азот использовался с одинаковой эффективностью, а в IV периоде эффективность начала снижаться как по отношению отложенного азота к переваренному, так и по экскреции азота с мочой (табл. 5).

Таблица 5. *Баланс азота, г/сут (M±m; n=4)*

Показатели	Периоды			
	I (7,8 г/МДж)	II (8,1 г/МДж)	III (8,4 г/МДж)	IV (8,6 г/МДж)
Принято, г	204,9±11,2	212,4±10,9 ¹	212,4±11,5 ¹	222,0±10,7 ^{1,2,3}
Выделено с калом, г	87,0±4,2	88,3±5,6	86,2±6,4	86,7±1,8 ¹
Выделено с мочой, г	59,9±11,0	59,3±5,0	55,3±8,2	65,6±7,4
Отложено, г	57,9±0,9	64,7±1,2 ¹	65,7±1,4 ^{1,2}	69,6±2,4 ^{1,2}
Отложено от принятого, %	28,5±2,0	30,6±1,0	31,1±1,0 ¹	31,4±0,6 ¹
Отложено от переваренного, %	49,9±4,6	52,3±1,9	52,1±1,0	51,7±2,0
Выделено с мочой от принятого, %	28,8±3,8	27,8±1,3	28,4±0,2	29,4±1,9
Выделено с мочой от отложенного, %	103,8±20,2	91,5±6,7	91,7±3,7	93,8±8,0
Выделено с мочой от переваренного, %	50,0±4,6	47,6±1,9	47,8±1,0	48,2±2,0

Поскольку повышение в рационе уровня обменного протеина с 7,8 до 8,5 г на 1 МДж ОЭ сопровождается увеличением отложения азота в теле, но со снижением эффективности его использования, целесообразно использовать в этот период откорма более низкое содержание обменного белка в рационе по сравнению с периодом выращивания (см. рис.).



Отложение белка (г/сут.) у бычков чёрно-пёстрой породы при средней живой массе 404 кг в возрасте 10-13 мес. в зависимости от величины отношения ОБ/ОЭ (обменный белок/обменная энергия).

К концу опыта в 13,5 мес. возрасте бычки имели живую массу 452±13 кг при среднесуточном среднем приросте за период опыта 1420±40 г. Анализ мясной продуктивности бычков после убоя показал, что мясные характеристики бычков молочной породы при интенсивном выращивании уступают только по выходу мякоти бычкам аналогичной живой массы мясной породы (шароле), в туше содержится больше костей, но значительно меньше выход внутреннего жира (табл. 6). Затраты обменной энергии на 1 кг прироста составляют у бычков мясной породы 33,1, а у молочной – 29,5 МДж. Характеристика общих тенденций изменения химического состава и содержания энергии во всём теле животных или в приросте живой массы в процессе развития имеет важное значение для определения потребности животных в питательных веществах.

Пищевая, биологическая ценность и технологические свойства мясной продукции, полученной от бычков этих пород, были высокого качества (табл. 7).. Мясо мясных бычков быстрее созревает, имеет более высокую влагоудерживающую способность.

При интенсивном выращивании и откорме бычки молочных пород к 14 месяцам могут достигать живой массы около 500 кг, эффективно оплачивать корм продукцией (при нормальном течении ферментативных процессов в рубце и во всем организме) и давать диетическое мясо высокого качества, не уступая в этом животным мясной породы шароле.

Таблица 6. *Морфологический состав туш бычков чёрно-пёстрой породы и мясной шароле*

Показатель	Породы	
	шароле	чёрно-пёстрая
Масса туши, кг	319,5	246,4
Убойный выход, %	61,8	54,5
Количество мякоти в туше:	кг	256,8
	%	82,1
Количество костей в туше:	кг	55,7
	%	17,8
Индекс мясности	4,6	3,25
Масса внутреннего жира, кг	6,9	5,1
Выход жира, %	1,3	1,09

Таблица 7. *Качество мяса (пищевая и биологическая ценность и технологические свойства)*

Показатели	Длиннейший мускул спины		Гомогенат средней пробы	
	шароле	чёрно-пёстрая	шароле	чёрно-пёстрая
Сухое вещество, %	24,4	25,2	28,9	30,4
Протеин, %	20,9	20,8	18,1	18,8
Жир, %	1,47	1,6	9,2	10,2
Зола, %	1,04	1	0,8	0,8
Калорийность, МДж/кг СВ	22,5	22	26,2	26,1
Величина рН после убоя:				
	через 1,5 ч	5,8	6,3	5,5
	через 24 ч	5,5	5,7	5,5
	через 48 ч	5,5	5,7	5,5
Влагоудерживающая способность мяса, %:	69,9	66,3	53,9	47,7
Цветность мяса, UE	238	298,3	304	344,5

Таким образом, при интенсивном откорме бычков чёрно-пёстрой породы в 10-13 месячном возрасте при средней живой массе 404 кг и среднесуточных приростах 1450 г показано высокое процентное отложение азота в теле от принятого с кормом (в среднем 30%). Величина суточного прироста живой массы начинает снижаться при величине соотношения обменный белок/обменная энергия, равной 8,2, поэтому нормой уровня белкового питания для данного возраста, живой массы и уровня суточных приростов следует считать 8,2 г обменного белка на 1 МДж обменной энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акчурина Ф., Зарипов Р., Ярулин Р., Шакиров А., Кузьмина Р. Мясная продуктивность бычков различных пород // Молочное и мясное скотоводство. – 1998. – № 3. – С. 27-28.
2. Алиев А.А., Димов В. Обмен веществ и продуктивность жвачных животных. – М.: НИЦ Инженер, 1997. – 419 с.
3. Галочкина В.П. Влияние кормов с низкой распадаемостью протеина в рубце на продуктивность откармливаемых бычков // Зоотехния. – 2006. – № 9. – С. 12-14.
4. Еримбетов К.Т., Шариева Д.И., Обвинцева О.В. Количественные аспекты обмена белков у растущих бычков в связи с разным качеством крахмала корма // Мат. 2-й межд. научно-практ. конф. «Актуальные вопросы зоотехнической науки и практики как основа улучшения продуктивных качеств и здоровья с.-х. животных». – Ставрополь, 2003. – С. 50-56.
5. 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.
6. Кальницкий Б.Д., Харитонов Е.Л. Процессы ферментации белка в преджелудках жвачных и возможности оптимального нормирования белкового (аминокислотного) питания молочных коров // Мат. конф.: «Аминокислотное питание животных и проблема белковых ресурсов». – Краснодар:

- Кубанский ГАУ, 2005. – С. 131-156.
7. Клейменов Н.И., Клейменов В.Н., Клейменов А.Н. Система выращивания крупного рогатого скота. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 320 с.
 8. Курилов Н.В., Харитонов Л.В. Изучение пищеварения у жвачных животных (методические указания). – Боровск: ВНИИФБиП, 1987. – 105 с.
 9. Ларионов А. Мясная продуктивность и качество мяса быков черно-пестрой породы в зависимости от двигательной активности // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2009. – № 1. – С. 67-73.
 10. Легошин Г.П. Технология в производстве говядины в молочном скотоводстве // Аграрная Россия. – 1999. – № 4. – С. 13-19.
 11. 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 // Мат. III научно-практ. конф. «Перспективные направления в производстве и использовании комбикормов и балансирующих добавок». – Дубровицы: ВИЖ, 2003. – С. 97-99.
 12. Мещеряков А., Картекинов К., Ширнина Н. Взаимосвязь качества протеина с пищеварением и мясной продуктивностью // Молочное и мясное скотоводство. – 2008. – № 5. – С. 19-20.
 13. Михайлов В.В. Биоэнергетические процессы у крупного рогатого скота в связи с продуктивностью и условиями питания: автореф. дисс... д.б.н. – Боровск, 2008. – 37 с.
 14. Калашников А.П., Фисинин В.И., Щеглов В.В., Клейменов Н.И. (Ред.). Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. – М.: Агропромиздат, 2003. – 456 с.
 15. Погосян Д.Г. Защищённый протеин в рационах бычков на откорме // Нива Поволжья. – 2011. – № 2. – С. 94-99.
 16. Погосян Д.Г. Переваримость нерасщепляемого в рубце протеина различных кормов в кишечнике растущих бычков: автореф. дисс... к.б.н. – Боровск, 1997. – 25 с.
 17. Радченков В.П., Матвеев В.А., Бутров Е.В., Буркова Е.И. Эндокринная регуляция роста и продуктивности сельскохозяйственных животных. – М.: Агропромиздат, 1991. – 160 с.
 18. Стрекозов Н.И., Легошин Г.П. Тенденции развития технологий производства молока и говядины // Вестник ВНИИ механизации животноводства. – 2002. – Т. 11. – С. 55-57.
 19. 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.
 20. Тараканов Б.В. Методы исследования микрофлоры пищеварительного тракта сельскохозяйственных животных и птицы. – М.: Научный мир, 2006, 187 с.
 21. Татаркина Н.И. Продуктивная ценность силосно-сенажных рационов с разной расщепляемостью протеина при откорме бычков // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2010. – № 10. – С. 263-265.
 22. Фомичев Ю.П. Эффективность выращивания и интенсивного откорма молодняка крупного рогатого скота // Молочное и мясное скотоводство. – 1998. – № 4. – С. 14-16.
 23. 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.
 24. 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.
 25. Харитонов Е.Л., Мыслик Н.Д. Решение проблемы протеинового питания коров // Молочная промышленность. – 2011. – № 5. – С. 73-74.
 26. Bandyk C.A., Cochran R.C. et al. Effect of ruminal postruminal administration of degradable protein on utilization of low quality forage by beef steers // J. Anim. Sci. – 2001. – Vol. 79. – P. 225-231
 27. Cooper R.J., Milton C.T., Klopfenstein T.J., Scott T.L., Wilson C.B., Mass R.A. Effect of corn processing on starch digestion and bacterial crude protein flow in finishing cattle // J. Anim. Sci. – 2002. – Vol. 80. – No. 3. – P. 797-804.
 28. Leupp J.L., Lardy G.P., Soto-Navarro S.A., Bauer M.L., Caton J.S. Effects of canola seed supplementation on intake, digestion, duodenal protein supply, and microbial efficiency in steers fed forage-based diets // J. Anim. Sci. – 2006. – Vol. 84. – No. 2. – P. 499-507.
 29. 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.

30. 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.
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. Shain D.H., Stock R.A., Klopfenstein T.J., Herold D.W. Effect of degradable intake protein level on finishing cattle performance and ruminal metabolism // *J. Anim. Sci.* – 1998. – Vol. 76. – No. 1. – P. 242-248.
34. 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.
35. 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. – Vol. 35. – No. 8. – P. 555-562.

REFERENCES

1. Akchurina F., Zaripov R., Yarulin R., Shakirov A., Kuz'mina R. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo - Dairy and Meat Cattle Breeding.* 1998, 3: 27-28.
2. Aliev A.A., Dimov V. *Obmen veshchestv i produktivnost' zhvachnykh zivotnykh* (Metabolism and productivity of ruminants). Moscow: NITs Inzhener Publ., 1997, 419 p.
3. Bandyk C.A., Cochran R.C. et al. Effect of ruminal postruminal administration of degradable protein on utilization of low quality forage by beef steers. *J. Anim. Sci.* 2001, 79: 225-231
4. Cooper R.J., Milton C.T., Klopfenstein T.J., Scott T.L., Wilson C.B., Mass R.A. Effect of corn processing on starch digestion and bacterial crude protein flow in finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 2002, 80(3): 797-804.
5. Erimbetov K.T., Sharieva D.I., Obvintseva O.V. *Mat. 2-i mezhd. nauchno-prakt. konf. «Aktual'nye voprosy zootekhnicheskoi nauki i praktiki kak osnova uluchsheniya produktivnykh kachestv i zdorov'ya s.-kh. zivotnykh»* (Mat. 2 nd Int. Conf.: Actual issues of zootechnical science and practice as a basis for improving the productive qualities and health of agricultural animals). Stavropol, 2003, P. 50-56.
6. Fomichev Yu.P. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo - Dairy and Meat Cattle Breeding.* 1998, 4: 14-16.
7. Galochkina V.P. *Zootekhnika - Zootechnics.* 2006, 9: 12-14.
8. Kalashnikov A.P., Fisinin V.I., Shcheglov V.V., Kleimenov N.I. (Eds.). *Normy i ratsiony dlya sel'skokhozyaystvennykh zivotnykh* (Feeding norms and diets for farm animals). Moscow: Agropromizdat Publ., 2003, 456 p.
9. Kal'nitskii B.D., Reshetov V.B., Kharitonov E.L. *Vestnik selskokhozyaystvennoi nauki – Herald of Agricultural Science.* 2000, 2: 12-15.
10. Kal'nitskii B.D., Kharitonov E.L. [The processes of protein fermentation in ruminant pancreatic animals and the possibility of optimal protein (amino acid) nutrition of dairy cows]. *Mat. konf.: «Aminokislotoe pitanie zivotnykh i problema belkovykh resursov»* (Mat. Conf.: Amino acid nutrition of animals and the problem of protein resources). Krasnodar: Kubanskii GAU, 2005, P. 131-156.
11. Kleimenov N.I., Kleimenov V.N., Kleimenov A.N. *Sistema vyrashchivaniya krupnogo rogatogo skota* (The system of cattle growing). Moscow: Rosagropromizdat Publ., 1989, 320 p.
12. Kurilov N.V., Kharitonov L.V. *Izuchenie pishchevareniya u zhvachnykh zivotnykh (metodicheskie ukazaniya)* (The study of digestion in ruminant animals: methodical instructions). Borovsk: VNIIFBiP Publ., 1987, 105 p.
13. Larionov A. *Veterinariya sel'skokhozyaystvennykh zivotnykh –Veterinary Medicine of Farm Animals.* 2009, 1: 67-73.
14. Legoshin G.P. [Technology of beef production in dairy cattle husbandry]. *Agrarnaya Rossiya - Agrarian Russia.* 1999, 4: 13-19.
15. Leupp J.L., Lardy G.P., Soto-Navarro S.A., Bauer M.L., Caton J.S. Effects of canola seed supplementation on intake, digestion, duodenal protein supply, and microbial efficiency in steers fed forage-based diets. *J. Anim. Sci.* 2006, 84(2): 499-507.
16. 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.
17. Matveev V.A., Galochkina V.P., Korovyatskii A.M., Dvoretzkaya T.N. *Mat. III nauchno-prakt. konf. «Perspektivnye napravleniya v proizvodstve i ispol'zovanii kombikormov i balansiruyushchikh dobavok»* (Proc. III scientific and practical conf.: Prospective directions in the production and use of mixed feeds and balancing additives). Dubrovitsy: VIZh Publ., 2003, P. 97-99.

18. McAllan A.B., Smith R.M. Factors influencing the digestion of dietary carbohydrates between the mouth and abomasums of steers. *Brit. J. Nutr.* 1983, 50: 445-454.
19. Meshcheryakov A., Kartekenov K., Shirmina N. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo - Dairy and Meat Cattle Breeding.* 2008, 5: 19-20.
20. Mikhailov V.V. *Bioenergeticheskie protsessy u krupnogo rogatogo skota v svyazi s produktivnost'yu i usloviyami pitaniya* (Bioenergetic processes in cattle in connection with productivity and nutritional conditions). Extended Abstract of Diss. Dr. Sci. Biol., Borovsk, 2008, 37 p.
21. 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.
22. Pogosyan D.G. *Niva Povolzh'ya - Cornfield of Volga region.* 2011, 2: 94-99.
23. Pogosyan D.G. *Perevarimost' nerasshcheplyaemogo v rubtse proteina razlichnykh kormov v kishechnike rastushchikh bychkov* (Digestibility of a non-degradable protein in the rumen of various feeds in the intestines of growing bull-calves). Extended Abstract of Diss. Cand. Sci. Biol., Borovsk, 1997, 25 p.
24. Radchenkov V.P., Matveev V.A., Butrov E.V., Burkova E.I. *Endokrinnaya regulyatsiya rosta i produktivnosti sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh* (Endocrine regulation of growth and productivity of farm animals). Moscow: Agropromizdat Publ., 1991, 160 p.
25. Stepanov I.A., Meshcheryakov A.G. *Vestnik Rossiiskoi akademii selskokhozyaystvennykh nauk - Bull. Russ. Acad. Agric. Sci.* 2008, 2: 82-83.
26. Strekozov N.I., Legoshin G.P. *Vestnik VNIIMZh - Reports of Institute of Livestock Mechanization.* 2002, 11: 55-57.
27. Tarakanov B.V. *Metody issledovaniya mikroflory pishchevaritel'nogo trakta sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i ptitsy* (Methods for studying the microflora of the digestive tract of agricultural animals and poultry). Moscow: Nauchnyi Mir Publ., 2006, 187 p.
28. Tatarikina N.I. *Kormlenie sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo - Feeding Farm Animals and Feed Production.* 2010, 10: 263-265.
29. Kharitonov E.L. *Kompleksnye issledovaniya protsessov rubtsovogo i kishechnogo pishchevareniya u zhvachnykh zhivotnykh v svyazi s prognozirovaniem obrazovaniya konechnykh produktov perevarivaniya kormov* (Complex studies of the processes of rumenal and intestinal digestion in ruminant animals in connection with the prediction of the formation of final products of feed digestion). Extended Abstract of Diss. Dr. Sci. Biol., Borovsk, 2003, 51 p.
30. Kharitonov E.L. [Methodical and instrumental approaches to the study of the physiological and biochemical processes of the formation of final digestion products in productive ruminant animals]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology.* 2008, 4: 42-71.
31. Kharitonov E.L., Mysnik N.D. *Molochnaya promyshlennost' - Dairy Industry.* 2011, 5: 73-74.
32. Pathak A.K. Various factors affecting microbial protein synthesis in the rumen. *Veterinary World.* 2008, 1(6): 186-189.
33. Shain D.H., Stock R.A., Klopfenstein T.J., Herold D.W. Effect of degradable intake protein level on finishing cattle performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 1998, 76(1): 242-248.
34. 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.
35. 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, 35(8): 555-562.

Effect of different level of low degradable protein on digestibility and efficiency of nutrients utilization in the Black-and-White young bulls in the fattening period

Kharitonov E.L., Berezin A.S.

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

ABSTRACT. The trial was carried out by the method of periods using the Latin square scheme on 4 bulls of Black-and-White breed with an initial live weight of 335 kg at the age of 10 months with an average daily live weight gain of 1450 g. For four periods of experiment, duration 28 days each, the level of the metabolizable protein in the diet was consistently increased by the introduction of the feed additive with reduced protein degradability (soybean meal). The level of metabolizable energy in all periods was the same (89 MJ), and the level of crude protein consistently increased from 1291 to 1395 g. The protein degradability (%) in I, II, III and IV periods was 58.9; 69.4; 68.2 and 67.9, the level of metabolizable protein (MP) was 478, 491, 513, 526 g respectively. The effective degradability of feed protein was calculated from the data of the relative degradability in the rumen determined by *in sacco* method and the rate of evacuation from the rumen. The metabolizable protein was determined from the sum of the digested non-degradable protein and the microbial protein digested in the intestine. In samples of rumenal fluid taken 3 hours after morning feeding, the pH, the content of VFA and ammonia, the number of bacteria and infusoria, amylolytic and celluloseolytic activity were determined. Protein feed additives did not have a significant effect on enzymatic and microbiological processes in the rumen and on digestion in the intestine of the components of the ration, with the exception of protein, digestibility of which increased and, accordingly, the amount of exchange protein increased. An increase in the level of metabolizable protein in rations from 7.8 to 8.5 grams per 1 MJ of metabolizable energy (ME) was accompanied by an increase in nitrogen deposition from 57.9 to 69.6 g ($P < 0.05$) while maintaining high efficiency of its use. The value of daily live weight gain began to decrease with the ratio MP/ME equal to 8.2. It was concluded that an increase in the level of MP up to 8.2 g per 1 MJ of ME due to the addition of sources of a low degradable protein for has a positive effect on the efficiency of feed protein use in intensive growing Black-and-White bulls.

Keywords: fattening calves, Black-and-White breed, ruminal digestion, low degradable protein, metabolizable energy, nutrition efficiency

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2017, 3: 87-97

Поступило в редакцию: 22.05.2017

Получено после доработки: 16.08.2017

Харитонов Евгений Леонидович, д.б.н., зав. лаб., зам. дир., тел. (495)546415
evgenijkharito@yandex.ru;

Березин Александр Сергеевич, н.с.