

В.Ф. РАДЧИКОВ¹, В.О. ЛЕМЕШЕВСКИЙ², А.Я. РАЙХМАН³,
Е.П. СИМОНЕНКО¹, Н.А. ШАРЕЙКО⁴, Л.А. ВОЗМИТЕЛЬ⁴

РУБЦОВОЕ ПИЩЕВАРЕНИЕ БЫЧКОВ ПРИ РАЗНОМ СООТНОШЕНИИ РАСЩЕПЛЯЕМОГО И НЕРАСЩЕПЛЯЕМОГО ПРОТЕИНА В РАЦИОНЕ

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по животноводству»

²УО «Полесский государственный университет»

³УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

⁴УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия
ветеринарной медицины»

Введение. В последние годы внимание ученых направлено на изучение воздействия на организм сельскохозяйственных животных отдельных элементов питания и их различных соотношений. Разные кормовые факторы и их соотношения по-разному влияют на процессы превращения питательных веществ и продуктивность животных. В соответствии с современными требованиями к системе кормления жвачных последние должны быть обеспечены на достаточно высоком уровне как расщепляемым, так и нерасщепляемым в рубце протеином для оптимальной продукции микробного белка с целью обеспечения аминокислотами организма животного в необходимом количестве. Рационы с небольшим количеством грубого корма способствуют быстрому продвижению содержимого, что снижает распад кормового протеина. Наоборот, рационы, включающие большое количество грубого корма, способствуют задержке содержимого в рубце, что приводит к усилению распада протеина и его эффективному использованию микроорганизмами в преджелудках [1].

Анализ современной литературы по протеиновому питанию жвачных показывает, что в тонкий кишечник этих животных поступают из желудка нерасщепляемый и связанный протеин корма, а также синтезированный бактериальный белок. Распадаемость характеризует скорость и величину гидролиза протеина в рубце под действием протеолитических ферментов до промежуточных и конечных продуктов, используемых в синтезе микробного белка. Определяется распадаемость отношением протеина, поступившего в двенадцатиперстную кишку к потребленному количеству с кормом [2, 3]. Необходимость всестороннего изучения этого свойства протеина обусловлена тем, что его рас-

падающаяся фракция является источником азота для рубцовой микрофлоры, а нераспадающаяся в сочетании с микробным протеином при поступлении в нижележащие отделы желудочно-кишечного тракта, служит основным источником аминокислот для животного, определяющим уровень его продуктивности.

Проблема протеинового питания жвачных животных особенно остро встала в связи с ростом их продуктивности и существенным изменением в технологии кормления и производства кормов [4, 5]. При этом протеин стал одним из важных лимитирующих факторов в системах интенсивного производства молока и мяса [6, 7]. Травяные корма, составляющие основу рационов, как правило, не обеспечивают потребности животных в протеине не только в количественном, но и в качественном отношении [8].

Исследованиями многих авторов показано, что для гармоничного развития микробной популяции рубца, а, следовательно, и для идущих в нем ферментативных процессов большое значение имеет тип кормления, вид корма, набор кормов, содержание энергии в рационе и других питательных веществ [9].

Изменяя структуру рациона и соотношение питательных веществ в рационе можно стимулировать или угнетать как общий характер рубцовых процессов, так и уровень утилизации питательных веществ.

Целью работы стало установление зависимости протекания ферментативных процессов в рубце молодняка крупного рогатого скота в возрасте 6-12 месяцев от соотношения энергии, расщепляемого и нерасщепляемого протеина в рационе.

Материал и методика исследований. В соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи:

- изучить химический состав кормов и содержание расщепляемого и нерасщепляемого протеина в травяных и концентрированных кормах;
- разработать состав кормовой добавки и отработать нормы ввода в комбикорма, обеспечивающей различное соотношение расщепляемого и нерасщепляемого протеина в рационе;
- установить влияние уровня расщепляемости протеина в рационе молодняка крупного рогатого скота на процессы рубцового пищеварения
- определить затраты кормов на продукцию, сравнить себестоимость рационов.
- изучить интенсивность ферментации кормов в рубце;
- определить переваримость и усвояемость питательных веществ кормов.

Исследования по изучению количественных показателей использо-

вания азотистых веществ в сложном желудке бычков проводили методом *in vivo* животных в возрасте 6-12 месяцев с вживленными хроническими фистулами рубца.

Для решения поставленных задач были отобраны образцы различных видов травяных (сено разнотравное, зеленые корма из однолетних и многолетних трав) и концентрированных кормов (зерно ячменя, пшеницы, тритикале, рапса, люпина), используемых в кормлении молодняка летнего периода содержания.

Отбор проб проводился по ГОСТ 27262-87 [10]. Химический анализ кормов проводили в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» по схеме общего зоотехнического анализа: первоначальную, гигроскопичную и общую влагу [11]; общего азота, сырой клетчатки, сырого жира, сырой золы [12-15]; кальций, фосфор [16, 17]; каротин [18]; сухое и органическое вещество, БЭВ [19, 20].

Экспериментальные исследования проведены на протяжении 2012 года на молодняке крупного рогатого скота черно-пестрой породы в условиях физиологического корпуса РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» и заключались в проведении физиологического опыта в соответствии с методикой А.И. Овсянникова [21].

Формирование групп животных в возрасте 6-12 месяцев осуществляли по принципу пар-аналогов в соответствии со схемой исследований (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опытов

Группы	Количество, голов	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
1	2	3	4
I контрольная	4	30	ОР с соотношением расщепляемого протеина к нерасщепляемому 80:20
II опытная	4	30	ОР с соотношением расщепляемого протеина к нерасщепляемому 75:25
III опытная	4	30	ОР с соотношением расщепляемого протеина к нерасщепляемому 70:30
IV опытная	4	30	ОР с соотношением расщепляемого протеина к нерасщепляемому 65:35

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
V опытная	4	30	ОР с соотношением расщепляемого протеина к нерасщепляемому 60:40

Основной рацион (ОР) по набору кормов молодняка подопытных групп был одинаковым. Животные I контрольной группы получали рацион по нормам ВАСХНИЛ [22] с расщепляемостью сырого протеина 80 %, их аналоги II, III, IV и V опытных групп – рационы с уровнем распадаемости протеина – 75 %, 70, 65 и 60 %, соответственно.

Комбикорма, используемые в кормлении подопытного скота, приготавливались на основе зерновой смеси, состоящей из ячменя и пшеницы, а также белковой витаминно-минеральной добавки (БВМД). В состав БВМД входили семена рапса и люпина, подвергнутые экструзии, а также витаминно-минеральные компоненты.

Для получения характеристик распада протеина применяли метод *in sacco*.

Для изучения интенсивности процессов рубцового пищеварения бычков проведен физиологический опыт продолжительностью 30 дней. Для исследований отбирался молодняк 6-12-месячного возраста. Пробы содержимого рубца брали через фистулу спустя 2-2,5 часа после утреннего кормления в течение двух дней четыре раза в месяц. В рубцовой жидкости, отфильтрованной через 4 слоя марли, определяли:

- концентрацию ионов водорода (рН) – электропотенциометром марки рН-340;
- общий и небелковый азот – методом Kjeldahl (2004), белковый – по разнице между общим и небелковым;
- общее количество ЛЖК – методом паровой дистилляции в аппарате Маркгама [23];
- аммиак – микродиффузным методом в чашках Конвея [24];
- количество инфузорий – путем подсчета в камере Горяева.

При оценке значения критерия достоверности (td) исходили в зависимости от объема анализируемого материала. Вероятность различий считалась достоверной при уровне значимости $P < 0,05$.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Для проведения исследований химического состава травяных и концентрированных кормов, используемых в кормлении молодняка крупного рогатого скота 6-12 месячного возраста, были отобраны различные виды зерна бобовых, злаков и других кормов.

Сравнительно низкой расщепляемостью сырого протеина среди зерна бобовых и злаков характеризовались рапс и люпин экструдиро-

ванные – 57 и 67 %, протеин зерна злаковых культур и рапсового шрота расщеплялся на 78-86 %.

Протеин сена разнотравного с содержанием 30 % сырой клетчатки и 9,9 % сырого протеина в сухом веществе расщеплялся в рубце на 47%.

Наименьшая степень денатурации сырого протеина среди кормов установлена в злаковом сене и составила 18 %.

Для составления рационов в соответствии с заданным соотношением расщепляемого и нерасщепляемого протеина было разработано 2 рецепта комбикорма КР-3. В своей основе комбикорм на 75 % состоит из зерновой смеси и 25 % БВМД.

Зерносмесь, используемая в комбикорме КР-3, на 70 % представлена зерном ячменя и на 30 % – пшеницы. Обработка компонентов зерновой смеси № 2 экструдированием позволила изменить фракционный состав протеина, а также некоторые параметры питательности смеси.

В 1 кг нативной зерновой смеси (№ 1) натуральной влажности содержалось 1,16 к. ед., 11,24 МДж обменной энергии, 104 г сырого и 77 г переваримого протеина. Расщепляемость протеина находилась на уровне 85 %. Концентрация обменной энергии в сухом веществе зерновой смеси составила 13,22 МДж/кг. Доля сырого протеина в сухом веществе смеси находилась на уровне 12,2 %, переваримого – 9,1 %.

Расщепляемость протеина зерновой смеси подвергнутой экструзии (№ 2) была снижена до 54 %, при этом степень защиты кормового белка составила 36,6 %. Энергетическая ценность экструдированного компонента возросла на 4,45 %, содержание сухого вещества – на 4,35%. Концентрация обменной энергии в сухом веществе смеси составила 13,24 МДж/кг. На долю сырого протеина в сухом веществе приходилось 11,8 %.

Помимо зерновой части, в состав комбикорма был включен белковый витаминно-минеральный компонент, представленный БВМД в количестве, 25 % по массе.

Поскольку добиться повышенного и пониженного уровня расщепляемости протеина крайне сложно, для комбикормов разработано две белково-витаминно-минеральные добавки (таблица 2).

В качестве белковой составляющей в БВМД включены семена рапса и зерно люпина, подвергнутые экструзии. На долю рапса приходилось 70-50 %, соответственно, и 14-34 % – на долю люпина. Содержание расщепляемого протеина в разработанных БВМД составило 64-66%.

В состав комбикорма II, III, IV частично, а в V полностью вводили зерносмесь, подвергнутую экструдированию. Концентрация обменной энергии в сухом веществе комбикорма № I, IV и V составила 13,43,

13,44 и 13,45 МДж/кг, соответственно. В комбикорме № II и III – 13,84 – 13,85 МДж/кг.

Таблица 2 – Состав (%) и питательность БВМД

Компоненты	№ добавки	
	I	II
Рапс экструдированный (зерно)	14	34
Люпин экструдированный (зерно)	70	50
ВМД	16	16
В 1 кг добавки содержится:		
кормовых единиц	0,97	1,10
обменной энергии, МДж	10,12	11,45
сухого вещества, г	713	713
сырого протеина, г	295	260
расщепляемого протеина, г	195	167
нерасщепляемого протеина, г	100	93
переваримого протеина, г	252	219
сырого жира, г	97	177
сырой клетчатки, г	72	64
крахмала, г	128	94
сахара, г	42	32
кальция, г	29,2	29,2
фосфора, г	12	12,3
Расщепляемость протеина, %	66	64

Комбикорм КР-3 в зависимости от состава отличался соотношением расщепляемого и нерасщепляемого протеина. Так, наиболее высокой расщепляемостью характеризовался протеин комбикорма I и II – 76 и 72 %, соответственно, где концентратная часть представлена в основном нативной зерновой смесью.

За счет превалирующего использования в составе комбикорма экструдированной зерновой смеси в рецептах III-V соотношение фракционного состава протеина находилось на уровне 63-60:37-40.

Для изучения влияния различной расщепляемости протеина в рубце животных в летний период на процессы рубцового пищеварения были составлены рационы на основе разработанных комбикормов с соотношением расщепляемого и нерасщепляемого протеина 80-60:20-40 (таблица 3).

Травяные корма в рационе представлены злаково-бобовой смесью и занимали 47 %. На долю сена от общей питательности рациона приходилось по 3,3 % в I контрольной, II и III опытных группах с увеличением до 6,4 и 12,9 % – в IV и V группах, соответственно.

Таблица 3 – Рационы молодняка по фактически потребленным кормам, кг/гол./сут.

Корма	Группа				
	I	II	III	IV	V
Трава злаково-бобовая	17,0	17,0	17,0	15,5	13,0
Сено злаковое	0,5	0,5	0,5	1,0	2,0
Комбикорм	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0
Патока кормовая	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
В рационе содержится:					
кормовых единиц	7,35	7,37	7,35	7,35	7,29
обменной энергии, МДж	83,24	83,50	83,14	83,06	82,65
сухого вещества, кг	7,6	7,5	7,5	7,6	7,8
сырого протеина, г	1106	1066	1052	1062	1070
расщепляемого протеина, г	851	805	738	689	642
нерасщепляемого протеина, г	255	261	315	373	428
переваримого протеина, г	765	735	730	730	724
кальция, г	63,0	62,3	61,4	61,1	60,4
фосфора, г	29,5	29,2	28,4	31,1	33,4
Расщепляемость протеина, %	77	75	70	65	60

Анализ основных показателей микробной ферментации углеводов и протеина в рубце указывает на специфическое влияние протеина разного качества на эти процессы (таблица 4).

Таблица 4 – Основные показатели ферментации корма, $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Группа	pH	ЛЖК, ммоль/100 мл	Аммиак, мг/100 мл	Инфузории, тыс./мл
I	6,69±0,13	10,91±0,15	22,86±0,53	814,94±23,28
II	6,63±0,12	11,04±0,19	21,04±0,40	784,71±12,04
III	6,58±0,21	11,14±0,12	17,49±0,52**	756,31±12,10
IV	6,44±0,10	12,26±0,12**	13,31±1,45**	723,94±14,65*
V	6,37±0,16	12,37±0,16**	9,79±2,27*	695,09±24,70*

Примечание: здесь и далее * – P<0,05; ** – P<0,01.

Показатель концентрации ионов водорода рубцового содержимого животных опытных групп имел тенденцию к закислению относительно значения контроля. Так, скармливание рационов с расщепляемостью протеина ниже 80 %, но выше 60 % способствовало смещению pH рубцовой жидкости в кислую сторону на 0,1-0,3 ед., достигнув значения 6,37 ед.

Снижение расщепляемости протеина рациона до 70-65 % при повышенной интенсивности образования ЛЖК способствовало уменьшению концентрации аммиака на 5,37-9,55 мг/100 мл ($P<0,01$) по отношению к I контрольной группе, что говорит о лучшем использовании его микроорганизмами для синтеза белка своего тела.

Наиболее низкое содержание аммиака установлено в V опытной группе, получавшей рационы с расщепляемостью протеина 60 %, – 9,79 мг/100 мл, или ниже контроля на 13,07 мг/100 мл ($P<0,05$).

Расщепляемость протеина рационов на уровне 80 и 75 % не оказывала существенного влияния на численность инфузорий, которая находилась в пределах 814,9-784,7 тыс./мл. Ингибирование развития инфузорий отмечено в IV и V опытных группах, выразившееся в снижении их количества на 11,17-14,71 % ($P<0,05$) относительно контрольной.

Установлено, что снижение расщепляемости сырого протеина способствует уменьшению концентрации азотистых веществ в рубце. Так, в III, IV и V опытных группах отмечено достоверное уменьшение уровня общего азота на фоне контроля на 70,5-122,4 мг/100 мл ($P<0,05$). Доля белкового азота в общей сумме азотистых веществ среди подопытных групп находилась на уровне 78-81 %.

Анализ экономических показателей является заключительным и одним из важных этапов исследований, позволяющим предварительно оценить практическую значимость полученных результатов (таблица 5).

Таблица 5 – Эффективность использования кормов подопытным молодняком

Показатель	Группа				
	I	II	III	IV	V
Затраты кормов на прирост, к. ед.	6,80	6,74	6,56	6,73	6,76
± к контрольной группе, %	-	-0,90	-3,46	-1,00	-0,51
Затрачено на 1 кг прироста:					
обменной энергии, МДж	77,03	76,30	74,27	76,04	76,72
± к контрольной группе, %	-	-0,95	-3,59	-1,29	-0,41
Себестоимость рациона, руб.	3350,3	3296,2	3227,2	3422,4	3264,4
± к контрольной группе, %	-	-1,61	-3,67	2,15	-2,56

Применение в кормлении бычков в летний период рационов с по-

нижением уровня расщепляемости сырого протеина способствовало повышению эффективности продуктивного действия корма. Эффект от использования корма на продукцию составил 3,5 % у животных III опытной группы, которые использовали его лучше, чем контрольный молодняк. Затраты кормов во II, IV и V опытных группах были ниже контрольного значения незначительно.

Затраты обменной энергии и сырого протеина на прирост живой массы у телят II, IV и V опытных групп были ниже, чем в контрольной на 0,4-1,3 и 3,0-5,0 %, соответственно. Применение рациона с расщепляемостью протеина на уровне 70 % способствовало более эффективному использованию обменной энергии и сырого протеина кормов на синтез прироста, а разница с контролем составила 3,6 и 8,1 %.

По себестоимости рационов опытные группы уступали контрольной на 1,6-3,7 %. Наиболее низкая себестоимость рациона установлена в III опытной группе – 3227,2 руб., что ниже контрольного значения на 3,7 %.

Заключение. 1. Снижение уровня расщепления сырого протеина до 70-60 % в рационах бычков летнего периода способствует меньшему накоплению в рубцовой жидкости аммиака на 5,4-13,1 мг/100 мл, активизации синтеза ЛЖК на 5,4-13,1 %, снижению численности инфузорий на 7,2-14,7 % при доле белкового азота в общем 80 % ($P \leq 0,05$). При использовании рационов с расщепляемостью протеина выше 70 % отмечается уменьшение содержания аммиака на 8,0 %, при ингибировании роста численности клеток инфузорий (3,7 %), образования комплекса ЛЖК, общего и белкового азота не имеющие достоверных различий.

2. Экономически оправданными и целесообразными являются рационы с распадаемостью протеина 70 %, так как при этом снижаются затраты кормов на 3,5-7,0 %, обменной энергии – на 3,6-7,3 %, протеина – на 8,2-11,5 % и себестоимость рациона – на 1,6-3,7 %. Использование рационов с иными изучаемыми вариантами расщепляемости сырого протеина оказывали менее выраженный экономический эффект.

Литература

1. Алиев, А. А. Обмен веществ у жвачных животных / А. А. Алиев. – М. : НИЦ "Инженер", 1997. – 420 с.
2. Бондарь, Ю. В. Влияние рациона с разным качеством протеина на процессы рубцового пищеварения и эффективность использования питательных веществ бычками – кастратами при интенсивном выращивании : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Бондарь Ю.В. – Оренбург, 2000. – 22 с.
3. Материкин, А. М. Определение растворимости, распадаемости и переваримости протеина кормов / А. М. Материкин, Е. Л. Харитонов // Методы исследований питания сельскохозяйственных животных. – Боровск, 1998. – С. 132-140.
4. Курилов, Н. В. Физиология и биохимия пищеварения жвачных / Н. В. Курилов, А. П. Кроткова. – М. : Колос, 1971. – 431 с.

5. Нормирование протеинового питания жвачных / Н. В. Курилов [и др.] // Новое в кормлении высокопродуктивных животных. – М. : Агропромиздат, 1989. – С. 17-22.
6. Satter, L. D., Roffler R. E. In Protein Metabolism and Nutrition. – 1977. – P. 133-136. Wageningen; Pudoc.
7. Huber, J. T. Michigan trials new light on non-protein nitrogen use / J. T. Huber, L. Kung // Hours Dairyman. – 1981. – Vol. 127, N 1. – P. 23-24.
8. Гибадуллина, Ф. С. Резервы повышения протеиновой питательности кормов и рационов для крупного рогатого скота на современном этапе : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Гибадуллина Ф.С. – Ульяновск, 2005. – 46 с.
9. Изучение пищеварения у жвачных : мет. указания / Н. В. Курилов [и др.] ; Всерос. науч.-исслед. ин-т физиологии и биохимии питания с.-х. животных. – Боровск, 1987. – 96 с.
10. ГОСТ 27262-87. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб = Vegetable feeds. Sampling methods. – Введ. 01.07.1988. – М., 1987. – 9 с.
11. ГОСТ 13496.3-92. Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения влаги. – Введ. 01.01.93 ; взамен ГОСТ 13496.3-80. – Мн., 1992. – 4 с.
12. ГОСТ 13496.4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. – Введ. 01.01.95 ; взамен ГОСТ 13496.4-84. – 17 с.
13. ГОСТ 13496.2-91. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения сырой клетчатки. – Введ. 01.07.92 ; взамен ГОСТ 13496.2-84. – Мн., 1992. – 7 с.
14. ГОСТ 13496.15-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира. – Введ. 01.01.99 ; взамен ГОСТ 13496.15-85. – Мн., 1997. – 9 с.
15. ГОСТ 26226-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы. – Введ. 01.01.97 ; взамен ГОСТ 26226-84. – Мн., 1995. – 8 с.
16. ГОСТ 26570-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция. – Введ. 01.01.97 ; взамен ГОСТ 12570-85. – Мн., 1995. – 16 с.
17. ГОСТ 26657-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания фосфора. – Введ. 01.01.99 ; взамен ГОСТ 26657-85. – 9 с.
18. ГОСТ 13496.17-95. Корма. Методы определения каротина. – Введ. 01.01.97 ; взамен ГОСТ 13496.17-84. – Мн., 1995. – 8 с.
19. Мальчевская, Е. Н. Оценка качества и зоотехнический анализ кормов / Е. Н. Мальчевская, Г. С. Миленькая. – Минск : Ураджай, 1981. – 143 с.
20. Петухова, Е. А. Зоотехнический анализ кормов / Е. А. Петухова, Р. Ф. Бессабарова, Л. Д. Холенева. – М. : Агропромиздат, 1989. – 239 с.
21. Овсянников, А. И. Основы опытного дела в животноводстве / А. И. Овсянников. – М. : Колос, 1976. – 302 с.
22. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : справ. пособие / А. П. Калашников [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1985. – 352 с.
23. Изучение пищеварения у жвачных : мет. указания / Н. В. Курилов [и др.]. – Боровск, 1987. – 104 с.
24. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики / под ред. И. П. Кондрахин. – М. : КолосС, 2004. – 520 с.

Поступила 18.03.2013 г.