

УДК 636.2.064.6:612.1+612.015.1

**ПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ИНДЕКСЫ СОСТОЯНИЯ
ИНТЕРМЕДИАРНОГО ОБМЕНА У БЫЧКОВ ХОЛМОГОРСКОЙ ПОРОДЫ
ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ВЫРАЩИВАНИИ И ОТКОРМЕ**

Галочкина В.П., Агафонова А.В., Обвинцева О.В., Галочкин В.А.

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

Целью работы было изучить продуктивные качества и параметры метаболизма у бычков холмогорской породы в период с 8- до 11-мес. возраста в условиях высококонцентратного кормления. Опыт проведен на двух группах бычков по 5 голов каждая. В двух опытных периодах продолжительностью 1 мес. каждый в сбалансированный рацион вводили добавки соевого жмыха в качестве источника трудно распадаемого протеина, в I группе в количестве 500 г, во II группе – 250 г; во 2-ом периоде – 600 и 300 г соответственно. Скармливание комбикорма повышалось с 4 кг в предварительном и 1-ом опытным периодах до 5 кг во 2-м опытным периоде. Для характеристики состояния интермедиарного обмена в плазме крови, взятой до-, через 1 и 3 часа после кормления определяли биохимические показатели: активность пируваткарбоксилазы, лактатдегидрогеназы, концентрацию глюкозы, аминокислот, общего белка; в суточной моче – количество мочевины и креатинина, в печени – активность пяти дегидрогеназ цикла Кребса и ключевых ферментов гликоксилатного цикла – изоцитратлиазы и малатсинтазы.

В сравнении с бычками II группы, получавшими меньшее количество соевого жмыха, в I группе получен более высокий эффект по приросту живой массы (на 4%), массе туши (на 8%), выходу мякоти (на 17%) и показателям качества мяса при среднесуточном приросте живой массы 1265 г за два опытных периода и максимальном приросте 1530 г в интервале 9-10 мес. Результаты изучения параметров, характеризующих состояние метаболизма, показали, что у животных I группы в опытный период, в сравнении со II группой, аминокислоты в большей степени использовались для биосинтеза мышечного белка, и в меньшей степени – в качестве энергетического источника. С другой стороны, данные по изучению постпрандиальной динамики активности ферментов, участвующих в метаболизме пирувата, свидетельствуют о существовании в циркадной ритмике периодов дефицита энергии у бычков I группы. По мнению авторов, изучение биохимических показателей крови в динамике (активность ферментов, общий белок, альфа-аминовый азот, глюкоза и др. в плазме крови, взятой до-, через 1 и 3 ч после кормления) даёт возможность оценивать направленность сдвигов в процессах интермедиарного обмена под действием кормовых факторов.

Ключевые слова: интенсивное выращивание и откорм бычков, холмогорская порода, протеиновое питание, интермедиарный обмен, биохимический состав крови, ферменты

Проблемы биологии продуктивных животных, 2017, 2: 60-73

Введение

В России основным источником говядины является поголовье молочного стада. Несмотря на то, что альтернативы мясному скотоводству в мире нет, работы по интенсификации выращивания и откорма молодняка крупного рогатого скота молочного направления продуктивности в нашей стране актуальны в силу ряда причин. В промышленно развитых зонах и вокруг крупных городов, в хозяйствах с ограниченными площадями земельных угодий целесообразно практиковать интенсивное выращивание бычков молочных

пород. Питание животных, наряду с уровнем генетического потенциала, является основным фактором, определяющим продуктивность животных, а первостепенное значение для эффективного использования корма является сбалансированность рациона по питательным и биологически активным веществам, в первую очередь, по протеину с учетом особенностей пищеварения и обмена веществ у жвачных животных. Сбалансированность рациона по азотистым веществам означает оптимальное обеспечение метаболических процессов в организме аминокислотами за счёт поступления в кишечник трудно распадаемого протеина и белковых продуктов микробиального синтеза в рубце (Aldrich et al., 1995, 1997; Zinn et al., 1998; Матвеев и др., 2001, 2002; Галочкина, 2006; Leupp, 2006; Харитонов и др., 2011). Потери азота с быстро распадаемым в рубце протеином можно также частично заменять синтетическими азотистыми веществами.

В связи с тем, что обмен веществ жвачных приспособлен к симбиозу с микроорганизмами рубцового содержимого, важно обеспечивать определенное соотношение обменной энергии (*metabolizable energy*, энергия продукции + теплопродукция) и обменного протеина (*metabolizable protein*, переваримый протеин - потери азота с мочой). При высоком уровне продуктивности обеспечение потребности организма в аминокислотах достигается обычно за счёт введения в рацион кормов с повышенным содержанием нераспадаемого в рубце протеина.

Целью данной работы было изучить продуктивные качества и параметры метаболизма у бычков холмогорской породы при привязном содержании и высококонцентратном кормлении с введением в рацион соевого жмыха в качестве источника нераспадаемого в рубце протеина.

Материал и методы

Эксперимент проведен в виварии института на 10 бычках холмогорской породы в период с 8- до 12-мес. возраста. Бычки данной породы могут достигать к 14-мес. возрасту 430-450 кг. В предварительном периоде продолжительностью 2 мес. рацион состоял из сена злакового – 0,5 кг, сенажа злакового – 8 кг и комбикорма – 4 кг, что обеспечивало среднесуточный прирост в пределах 1300 г. В 1-ом опытном периоде продолжительностью 1 мес. дополнительно к основному сбалансированному рациону бычки получали соевый жмых в I группе в количестве 500 г, во II группе – 250 г; во 2-ом периоде продолжительностью 1 мес. – 600 и 300 г соответственно; силос и комбикорм с соевым жмыхом – равными долями утром и вечером. Комбикорм и добавку шрота, а также сенаж бычки получали утром и вечером равными долями, сено – в вечернее кормление. Скармливание комбикорма повышалось с 4 кг в предварительном и в 1-ом опытном (периодах до 5 кг во 2-ом периоде опыта (11-12 мес.); силос скармливали по 8 кг в предварительном и 1-ом опытном периодах и по 10 кг – во втором. Комбикорм и соевый жмых перед скармливанием перемешивали. Рацион кормления бычков в период выращивания представлен в табл. 1.

Перед началом и по завершении каждого опытного периода проводили взятие проб крови пункцией яремной вены до-, через 1 и 2 ч после утреннего кормления. Индивидуальное взвешивание проводили утром до приема корма при формировании групп, постановки бычков на опыт и в конце каждого опытного периода.

Рационы были сбалансированы по сырому и трудно распадаемому протеину, обменной энергии и сухому веществу согласно уточненным нормам (Агафонов и др., 2007), по остальным показателям – в соответствии с рекомендациями (Калашников и др., 2003) для молодняка крупного рогатого скота молочных пород при интенсивном выращивании.

Для характеристики общего состояния метаболизма в плазме крови, взятой до-, через 1 и 3 ч после утреннего кормления, определяли активность двух ферментов, метаболизирующих пируват: 1) пируваткарбоксилаза (ПК, пируват: CO₂ - лигаза, КФ 6.4.1.1) в модификации (Галочкина, 1997) в мкмольях НАДН, окисленного за минуту инкубации при 25°C на литр плазмы; 2) лактатдегидрогеназа (ЛДГ, КФ 1.1.1.27), с использованием набора реагентов

фирмы Lachema (Лахема), в микромолях восстановленного тетразолия синего (формазана) в литре плазмы за минуту инкубации, параллельно определяли концентрацию глюкозы с набором реагентов этой же фирмы с использованием глюкозооксидазы.

Таблица 1. Рацион кормления бычков по периодам опыта

Корма и питательность	Периоды опыта, возраст, группы				
	Предварительный 8-10 мес.	Опытный, группы			
		1-й (10-11 мес.)		2-й (11-12 мес.)	
	I	I	II	I	II
Сено злаковое, кг	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Сенаж вико-овсяный, кг	8	8	8	10	10
Комбикорм, кг	4	4	4	5	5
Жмых соевый, кг	0	0,5	0,25	0,6	0,3
Мел, кг	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Соль, кг	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Премикс ПК-60, кг	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
В рационе содержится:					
сухого вещества, кг	6,47	6,82	6,6	8,4	8,11
обменной энергии (ОЭ), МДж	63,1	72	69,3	84,5	81,4
сырого протеина, г	1058	1174	1070	1360	1235
распадаемого протеина, г	740	835	786	929	884
нераспадаемого протеина, г	318	339	284	431	351
от сырого протеина, %	30,0	30,0	26,5	28,0	28,4
обменного протеина (ОБ), г	530	656	602	773	709
сырой клетчатки, г	898	1169	1143	1468	1437
сырого жира, г	158	190	265	244	222
ОБ/ОЭ	8,4	9,1	9,0	9,1	8,7

Для характеристики направленности метаболических процессов в печени была определена активность пяти дегидрогеназ цикла Кребса с использованием фенозинметасульфата и тетразолия синего по методу Nordman в модификации Путилиной и Ещенко (Галочкина, 2007): 1) пируватдегидрогеназа (ПДГ, пируват: липоат-оксидоредуктаза, КФ 1.2.4.1), 2) изоцитратдегидрогеназа (ИДГ, изоцитрат: НАД-оксидоредуктаза, КФ 1.1.1.41), 3) альфа-кетоглутаратдегидрогеназа (КГДГ, 2-оксиглутарат:липоат-оксидоредуктаза, КФ 1.2.4.2), 4) сукцинатдегидрогеназа (СДГ, сукцинат: флавопротеин-оксидоредуктаза, КФ 13.99.1) и 5) малатдегидрогеназа (МДГ, малат: НАД-оксидоредуктаза, КФ 1.1.1.37). Активность изоцитратлиазы (изоцитратазы, КФ 4.1.3.1) и малатсинтазы (КФ 4.1.3.2) определяли по методу (Попов и др., 1996).

В плазме крови и в суточной моче определяли 4 показателя (с использованием тест-системы фирмы Lachema): 1) количество в суточной моче (ммоль/сут) и концентрация креатинина в плазме крови, взятой (с пикриновой кислотой); 2) количество мочевины в суточной моче (ммоль/сут) и концентрация в плазме крови, взятой до- и через 3 ч после утреннего кормления (по цветной реакции с диацетилмонооксимом); 3) концентрация аминного азота в плазме крови (мг/дл) до- и через 3 ч после утреннего кормления по методу (Lee, 1965, с нингидрином); 4) концентрация белка (г/л) в плазме крови до- и через 3 ч после утреннего кормления (с биуретовым реактивом).

Для характеристики липидного обмена определяли концентрацию триглицеролов (ТАГ) в плазме крови, взятой до- и через 3 ч после утреннего кормления, с набором реактивов тест-системы фирмы Lachema (Лахема) путем омыления триглицеролов гидроксидом калия до формальдегида с определением по реакции с метилацетоном и аммониевыми ионами как желтый 3,5-диацетил-1,4-дигидролутидин. В плазме крови также определяли активность лизоцима (мкг/мл) по (Дорофейчук, 1968) и общую антиоксидантную активность (Клебанов и др., 1988).

В конце каждого периода проводили балансовые опыты и индивидуальное взвешивание бычков утром до приема корма. По завершении эксперимента был осуществлён

убой бычков с определением морфологического состава туши и последующей обваловкой для определения количества мякоти в туше и взятия образцов для определения (в средней пробе мякоти и в длиннейшей мышце спины) качественных показателей мяса (рН через 12, 24 и 48 ч после убоя, влагоудерживающей способности, площади мышечного глазка, цветности, сухого вещества).

На протяжении ряда лет авторами отрабатывается набор биохимических показателей, который даёт сравнительную оценку сдвигов в состоянии метаболических процессов и усвоения в организме азота. По соотношению значений активности ЛДГ и ПК, измеренной в плазме крови до- и через 1 и 3 ч после утреннего кормления, можно в определённой степени судить о направленности сдвигов в опытной и контрольной группах в отношении процессов интермедиарного обмена, связанных с пируватдегидразным комплексом (ключевым звеном цикла Кребса) и пируваткарбоксилазой (первым ферментом глюконеогенеза из пирувата). Аналогичный сопоставительный анализ проводили по данным определения альфа-аминного азота, общего белка и глюкозы. При этом предполагается, что основная доля глюкозы поступает в общий пул как продукт глюконеогенеза в печени из пропионата и лактата, аминный азот представляет поток аминокислот, всасывающихся в тонком кишечнике, а мочевины – продукт образования в печени из аммиака, поступающего из рубца.

Результаты и обсуждение

Общие зоотехнические показатели и технологические свойства мяса. У бычков I группы были выше показатели продуктивности – прирост живой массы на 4%, масса туши – на 8%, количества в ней мякоти – на 17%, обмускуленность – на 7%, индекс мясности – на 9% (табл. 2, 3, 4), а также туша с внутренним жиром и ливером – на 8,2%.

Таблица 2. Среднесуточные приросты массы тела бычков ($M \pm m$, $n=5$)

Гр.	Периоды опыта, возраст						Прирост за опытные периоды
	Пп ⁺ (9 мес.)		1-й (10 мес.)		2-й (11 мес.)		
	ЖМ	прирост	ЖМ	прирост	ЖМ	прирост	
I	290±13	1340±40	331±12	1533±69	367±13	1048±69	1265±66
II	287±6	1286±76	322±6	1289±80	353±4	914±93	1095±55
%	101,1		102,8	118,9	104,0	114,7	115,5

Примечания: Гр – группы с добавкой соевого шрота с 10-мес. возраста; ⁺ предварительный период (с 8 мес.); ЖМ – живая масса, кг; прирост – среднесуточный прирост ЖМ на конец периода, оцененный за 1 мес., г/сут.

Таблица 3. Морфологический состав туш бычков ($M \pm m$, $n=5$)

	ЖМ, кг	Туша		Туша с жиром		Мякоти в туше		Костей в туше		ИМ
		кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	
I	367±1	200±10	55	205±11	56	160±9	42,8*±0,6	46,6	22,5*±0,4	3,44±0,08
II	353±4	185±2	54	189±3	54	143±1	40,2±0,7	45,4	24,1±0,3	3,14±0,05
% ⁺	104	108	101	109	108	112	107	103	93,4	110

Примечание: * $P < 0,05$ по t -критерию при сравнении со II группой.

Содержание внутреннего жира в I группе было незначительно выше, чем во группе, при этом отношение мякоти к жиру в I группе – 35,5, во II группе – 25,5 (табл. 4).

К показателям, характеризующим технологические свойства мяса, относятся водоудерживающая способность, рН и цветность мяса. Мясо в процессе окоченения снижает водосвязывающую способность, снижается гидратация мяса, обуславливая его жесткость. Мясо с минимальной степенью гидратации наиболее жесткое. В окоченевшем мясе содержание прочно удерживаемой воды снижается с 90 до 71-74% от общей влаги. У подопытных бычков после 2-мес. интенсивного выращивания показатель связанной влаги от

общей влаги в мясе был в пределах 99% (табл. 5). В процессе созревания (в течение 48 ч) жёсткость мяса определяется величиной рН. Нормой считается рН 5,5-5,6. В мясе бычков этот показатель несколько выше; это, возможно связано с тем, что бычки находились на привязи без активного движения. Цветность мяса определяется содержанием в мясе гемсодержащих белков; с возрастом этот показатель увеличивается. В целом, мясо, полученное от бычков I группы, обладало высокой сочностью и хорошими кулинарно-технологическими свойствами.

Таблица 4. Показатели отложения внутреннего жира ($M \pm m$, $n=5$)

Группы	Всего			В нём околопочечного	
	кг	%	мякоть/ жир	кг	%
I	5,32±0,83	1,70±0,29	35,5±0,9	2,82±0,88	49,7±7,0
II	4,57±0,29	1,29±0,09	25,5±5,2	2,32±0,16	51,8±1,5
%	116	132	139	122	96

Таблица 5. Качественная характеристика мяса ($M \pm m$, $n=5$)

Показатели	ДМС		Средняя проба	
	I группа	II группа	I группа	II группа
Площадь глазка ДМС, см ²	71,1 ±4,7	69,3±4,0	-	-
Цветность	275±2	268±7	294±3	296±7
рН через 1,5 ч	6,19±0,08	6,29±0,04	-	-
6 ч	-	-	6,02±0,05	6,21±0,02
24 ч	5,88±0,02	5,86±0,03	5,91±0,06	5,91±0,05
48 ч	5,90±0,04	5,78±0,03	5,83±0,03	5,93±0,04
Влагодерживающие свойства ⁺¹ , %	96,0±1,2	96,3±0,9	38,0±6,4	57,7±8,7
Влагодерживающие свойства ⁺² , %	73,8±0,2	71,4±0,9	62,1±1,5	64,2±0,6
Влагодерживающие свойства ⁺³ , %	99,1±0,3	99,1±0,2	89,8±1,6	92,5±1,2

Примечания: ДМС – длиннейший мускул спины; ⁺¹ – процент связанной влаги от общего процента влаги в мясе; ⁺² – процент связанной влаги от массы образца мяса, ⁺³ – процент связанной влаги от 1 мг влаги в образце мяса.

Показатели, характеризующие состояние метаболизма. В предварительном периоде (до введения в рацион соевого жмыха) у бычков I группы концентрация мочевины в плазме крови была выше по сравнению со II группой до приема корма и ниже через 3 ч после него. Концентрация креатинина у них до приема корма была ниже, но не отличалась от значений во II группе через 3 ч после кормления (табл. 6). Это может свидетельствовать о том, что несмотря на более высокую интенсивность роста у бычков I группы, часть аминокислот у них использовалась на глюконеогенез (в рассматриваемом периоде как до-, так и после кормления концентрация глюкозы в плазме крови была у этих бычков выше). С другой стороны, аминокислоты использовались на биосинтез белка в меньшей степени, что подтверждается более низкой концентрацией в плазме крови общего белка до приема корма относительно бычков II группы (табл. 8). Индекс поступления азота аминокислот из кишечника (сумма концентрации аминного азота в плазме крови через 1 и 3 ч после кормления) был одинаковым, а индекс усвоения (сумма концентрация белка, определенная через 1 и 3 ч после кормления за вычетом концентрации аминного азота до приема корма) – выше у бычков II группы (табл. 9). Вследствие незначительных различий в предварительном периоде по направленности обмена азота, бычков можно считать аналогами, при несколько меньшем среднесуточном приросте живой массы у бычков II группы (табл. 2).

В 1-м периоде опыта у бычков обеих групп в плазме крови, взятой утром до приема корма, снизилась концентрация мочевины по сравнению с таковой у бычков в предварительном периоде (табл. 6). Дополнительное введение к основному рациону бычкам II группы 250 г соевого жмыха в большей степени, чем у бычков в I группе (которым вводили 500 г соевого жмыха), снизило концентрацию мочевины в плазме крови на 7,5%, во II – на 22,2% (табл. 6) при незначительном преобладании у бычков II группы индекса поступления

аминокислот из кишечника (табл. 9). Эти оценочные данные согласуются с составом рациона по содержанию сырого и нераспадаемого протеина. Бычки II группы потребляли меньше сырого протеина, нераспадаемой его фракции и обменного протеина. Возможно, с этим связано его лучшее усвоение, поскольку во 2-м периоде утром до приема корма концентрация белка в плазме крови у этих бычков была выше, чем у бычков I группы (табл. 10).

Таблица 6. Концентрация мочевины и креатинина в плазме крови, ммоль/л ($M \pm m$, $n=5$)

Группы	Среднее арифметическое, доверительный интервал, время взятия крови, периоды опыта			
	до кормления		через 3 часа после кормления	
	мочевина	креатинин	мочевина	креатинин
Предварительный период				
I	4,12±0,25	0,055±0,004	4,62±0,63	0,242±0,015
II	3,80±0,36	0,065±0,012	5,07±0,58	0,246±0,024
1-й период				
I	3,81±0,20	0,251±0,007	6,31±0,98	0,155±0,038
II	2,94±0,44	0,140±0,015	7,06±0,38	0,089±0,034
2-й период				
I	3,83±0,52	0,175±0,031	5,82±0,71	0,147±0,028 (
II	3,62±0,34	0,237±0,026	4,81±0,62	0,132±0,020

Таблица 7. Выделение мочевины и креатинина с суточной мочой, г/сут ($M \pm m$, $n=3$)

Гр.	Периоды опыта					
	1-й период			2-й период		
	г/сут	М/К	мг/кг ж.м.	г/сут	М/К	мг/кг ж.м.
Мочевина						
I	34,4±9,4	13,58±3,47	100±25	29,6±1,3	7,20±1,86	74±20*
II	24,5±6,9	19,03±0,42	77±22	53,3±0,5	5,90±2,35	149±14
Креатинин						
I	4,74±0,13	-	13,9±0,2	2,54±0,53	-	6,8±2,4
II	4,74±0,71	-	14,3±2,0	1,67±0,40	-	2,8±0,9

Примечание: здесь и далее в таблицах: * $P < 0,05$ по t – критерию при сравнении со II группой. М/К – мочевина/креатинин; мг/кг ж.м. – мг мочевины или креатинина на 1 кг живой массы.

Таблица 8. Концентрация аминного азота в плазме крови, мг/дл ($M \pm m$, $n=5$)

Группы	Среднее арифметическое и доверительный интервал, периоды, время взятия крови		
	до кормления	через 1 час	через 3 часа
Предварительный период			
I	9,44 (10,35 – 8,53)*	5,89 (6,10 – 5,67)*	5,66 (6,00 – 5,32)
II	8,31 (8,81 – 7,80)	5,30 (5,46 – 5,14)	5,91 (6,04 – 5,78)
1-й период			
I	9,53 (10,3 – 8,74)*	7,67 (8,26 – 7,08)*	6,46 (6,61 – 6,42) **
II	7,63 (8,26 – 8,00)	7,58 (7,81 – 7,34)	7,88 (8,42 – 7,32)
2-й период			
I	5,29 (5,45 – 4,88)*	6,33 (6,44 – 6,06) **	7,69 (7,91 – 7,15)
II	6,77 (7,05 – 6,49)	8,35 (8,77 – 7,96)	7,58 (7,73 – 7,4)

Примечание: * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$ по U – критерию при сравнении со II группой.

У бычков II группы через 1 ч после кормления концентрация белка в плазме крови снизилась по сравнению с уровнем его до приема корма, но повысилась через 3 ч после кормления; этот лаг-период, по-видимому, обусловлен более поздним поступлением микробильного белка в кишечник (табл. 10). При этом у бычков II группы концентрация аминного азота была на одинаковом уровне по всем временным периодам взятия крови (табл. 8). У бычков I группы в этом периоде концентрация аминного азота была самой высокой утром до приема корма с постепенным снижением к 3 ч после кормления (табл. 8). По-видимому, высокий уровень поступления в кишечник нераспадаемого протеина у бычков этой группы способствовал интенсивному синтезу быстро обменивающихся белков крови. Об этом может свидетельствовать высокая концентрация аминного азота в этот период взятия крови (табл. 8).

Таблица 9. Индекс усвоения аминного азота (среднее арифметическое, n=5)

	Предварительный период			1-й период		2-й период			
	1+3	(1+3)-0	(1+3)-0 /(1+3)	1+3	(1+3)-0 /(1+3)	1+3	(1+3)-0	(1+3)-0/ (1+3)	
I	11,54	2,10	0,124	14,13	4,67	0,341	14,02	8,87	0,63
II	11,21	2,90	0,181	15,38	7,91	0,495	15,73	8,58	0,51

Примечания: (1+3) – сумма концентрации аминного азота в плазме крови через 1 и 3 ч после кормления как индекс поступления азота аминокислот из кишечника в кровь; (1+3)-0 – индекс использования азота аминокислот; (1+3)-0/(1+3) – индекс усвоения азота аминокислот.

У бычков I группы отмечен более высокий уровень аминного азота утром до приема корма, более низкий относительно II группы уровень общего белка в плазме крови до приема корма и через 3 ч после него (табл. 10) на фоне более низкой концентрации мочевины через 3 ч после кормления (табл. 6). То, что у бычков I группы больше мочевины выделялось с суточной мочой (табл. 7) и у них была выше, чем у бычков II группы, концентрация мочевины в плазме крови до утреннего приема корма (табл. 6), возможно, объясняется тем, что достаточно большое поступление аминокислот из кишечника обусловило повышенное использование аминокислот в интермедиарном метаболизме.

Полученные данные могут свидетельствовать о том, что дополнительное введение в рацион соевого жмыха обеспечивало повышенную утилизацию аминокислот в интермедиарном обмене (табл. 8), что не позволило полностью конвертировать дополнительное скармливание дорогостоящего корма с высоким содержанием нераспадаемого протеина в дополнительную продукцию в виде прироста живой массы. Однако у бычков I группы был получен более высокий прирост относительно предварительного периода, по сравнению с бычками II группы. При высоком среднесуточном приросте в предварительном периоде (в пределах 1300 г), среднесуточный прирост во 2-м периоде в I группе составил 1533 г, что на 19% выше, чем во II группе. Среднесуточный прирост у бычков 2-й группы был на уровне предварительного периода (табл. 2).

Данный факт можно объяснить тем, что у бычков I группы в предварительном периоде, на фоне более высокого прироста массы тела, были уже в достаточной степени накоплены резервы для обеспечения повышенного синтеза мышечных белков. На таком фоне организм бычков быстрее адаптировался к потреблению, перевариванию и усвоению питательных веществ корма и суточный прирост у бычков I группы повысился до 1500 г, тогда как во II группе он сохранился на прежнем уровне. Повышение уровня синтеза сопровождалось и повышением процессов протеолиза, о чём можно судить по увеличению концентрации аминного азота в плазме крови, взятой до утреннего приема корма. У бычков I группы она была выше. Относительно предварительного периода значительно повысилось и усвоение азота аминокислот (табл. 8). В итоге эти сдвиги обусловили более высокий прирост живой массы и больший выход мякоти в туше, чем у бычков II группы (табл. 2, 3). Однако, как было указано выше, при меньшем потреблении сырого и нераспадаемого протеина у

бычков II группы имело место более эффективное его использование, подтверждаемое более высоким индексом усвоения аминного азота (табл. 9). В итоге во II группе был более низкий прирост живой массы относительно I группы.

Хотя во 2-м периоде содержание в рационе соевого жмыха было повышено в I группе до 600 г, а во II группе – до 300 г, интенсивность роста в этом периоде снизилась (табл. 2), выделение мочевины с суточной мочой у бычков II группы повысилось двукратно относительно I группы (табл. 7). В расчёте на 1 кг живой массы у бычков I группы выделение мочевины снизилось, а во II группе двукратно повысилось относительно предварительного периода и почти двукратно относительно I группы. У бычков II группы снизилось выделение креатинина с суточной мочой, у них было выше выведения креатинина с суточной мочой и в расчёте на 1 кг живой массы при более низком отношении мочевины к креатинину. В совокупности это свидетельствует о более интенсивном наращивании мышечной массы в I группе, что было подтверждено при контрольном убое бычков.

Во 2-ом периоде в плазме крови, взятой утром до приема корма, у бычков II группы уровень мочевины был выше по отношению к I группе. Через 3 ч после кормления концентрация мочевины в плазме крови снизилась у бычков обеих групп (особенно у бычков II группы) относительно 1-го периода, концентрация аминного азота в плазме крови, взятой утром до- и через 1 ч после кормления, изменилась незначительно и была более высокой у бычков II группы относительно 1-го периода. Через 3 ч после кормления концентрация аминного азота в обеих группах была одинаковой (табл. 8). У бычков I группы относительно 1-го периода индекс усвоения аминного азота был несколько выше, чем у бычков II группы.

В целом, у бычков обеих групп в 1-ом и 2-ом периодах концентрация аминного азота, определённая через 1 и 3 ч после кормления, была выше аналогичного показателя в предварительном периоде (табл. 8), что говорит о лучшей сбалансированности у них рационов по нераспадаемому протеину и лимитирующим аминокислотам. Концентрация общего белка, определённая через 1 и 3 ч после кормления, была выше в I группе, что так же, как и показатели аминного азота, подтверждает достаточное обеспечение их обменным протеином (табл. 10).

Таблица 10. Концентрация белка в плазме крови, г/дл

Гр.	n	Среднее арифметическое и доверительный интервал,		
		время взятия крови		
		до кормления	через 1 ч после кормления	через 3 ч после кормления
Предварительный период				
I	4	79,4 (85,9 - 72,9) *	87,4 (92,8 - 82,0)	92,1 (105 - 79)
II	5	91,1 (97,5 - 84,8)	86,4 (90,9 - 82,0)	92,1 (96,8 - 87,5)
1-й период				
I	4	92,4 (98 - 87)	97,7 (103 - 80)	87,7 (91,0 - 84,3)
II	5	94,1 (101 - 87)	82,4 (91,3 - 73,5)	96,5 (94,1 - 89,0)
2-й период				
I	4	85,6 (90,2 - 81,1) *	84,0 (87,7 - 80,4)	98,9 (108 - 90)
II	5	93,0 (96,8 - 89,2)	84,8 (89,7 - 80,4)	90,3 (93,9 - 86,7)

Примечание: * P < 0,05, ** P < 0,01 по U - критерию при сравнении со II группой

Активность ферментов, концентрация глюкозы в плазме крови. С введением дополнительного источника нераспадаемого протеина резко снизилась активность ПК по всем срокам взятия крови и в большей степени – в I группе (особенно до- и через 1 ч после утреннего кормления), в которой соевый жмых скармливали в 2 раза большем количестве, чем во II группе (табл. 11). Примечательно то, что активность фермента в пробах крови, взятых через 1 и 3 ч после кормления, резко снижалась к возрасту 11 и 12 мес. с последующим увеличением к 12-мес. возрасту, что свидетельствует о дефиците энергии при

интенсификации синтеза мышечного белка и повышении скорости роста при скармливании добавки соевого жмыха.

Такой вывод следует из анализа сдвигов в величине отношения активности фермента в плазме крови, взятой до утреннего кормления, к его активности через 1 и 3 ч после него. Во II группе она была значительно выше, чем в I группе в 9-, 10-, 11-мес. возрасте, однако отношение ПК₀/ЛДГ₀ при этом было значительно ниже единицы. Это может указывать на то, что оксалоацетат (продукт карбоксилирования пирувата) использовался не на глюконеогенез, а для конденсации с ацетил-КоА. В 1-й группе к 11-мес. возрасту ощущался недостаток энергии, подтверждаемый тем, что уже через 1 ч после приёма корма у бычков повышалась активность ПК (и соответственно – использование оксалоацетата на глюконеогенез), что приводило к снижению конденсации оксалоацетата с ацетил-КоА и выработки энергии. Несмотря на это, концентрация глюкозы в плазме крови у бычков I группы в 10-мес. возрасте (в период наивысшей скорости роста) снижалась после приема корма, что не наблюдалось во II группе. При низкой активности ПК наблюдалась высокая активность ЛДГ, особенно во 2-ом периоде опыта. Наиболее высокая активность ЛДГ отмечена у бычков I группы в 11-мес. возрасте через 1 ч после утреннего кормления. Величина отношения ЛДГ₀/ЛДГ₁ у бычков I группы после приема корма свидетельствует об интенсивном поступлении молочной кислоты из рубца, и особенно это выражено у бычков I группы.

Таблица 11. Активность пируваткарбоксилазы в плазме крови, мкмоль НАДН/мин/л (M±m, n=5)

		Среднее арифметическое и доверительный интервал, время взятия крови		
	n	до кормления	через 1 ч после кормления	через 3 ч после кормления
Предварительный период				
I	5	7,74 (8,07- 7,41)**	5,37 (7,33 - 3,41)**	16,2 (20,6 - 11,8)**
II	5	9,69 (10,6-8,81)	11,7 (13,8-9,64)	6,63 (7,9-5,3)
1-й период				
I	3	2,27 (2,85 - 1,70)*	3,16 (4,37 - 1,95)*	0,99 (1,42 - 0,55)**
II	3	3,38 (4,46 - 2,30)	1,92 (2,41 - 1,44)	5,59 (7,25 - 3,94)
2-й период				
I	4	1,81 (2,41 - 1,21)**	4,07 (5,22 - 2,91)	4,24 (5,61 - 2,86)*
II	5	6,60 (10,16 - 3,03)	4,03 (4,60 - 3,47)	2,43 (3,03 - 1,83)

Определение активности дегидрогеназ цикла Кребса (табл. 11) в печени бычков показало, что их активность низкая, за исключением ПДГ и сукцинатдегидрогеназы (СДГ). Активность альфа-кетоглутарат– и изоцитратдегидрогеназ является узким местом в цикле Кребса. У бычков I группы активность изоцитратдегидрогеназы была на 6.5% выше относительно II группы. Цитрат и изоцитрат являются транспортными формами ацетил-КоА из митохондрий в цитоплазму. Отложение запасных жиров в виде внутреннего жира у бычков было в пределах 5 кг. У бычков I группы, получавших больше соевого жмыха, оно было на 16% больше (табл. 16).

Функционирование ключевых ферментов глиоксилатного цикла впервые было показано на крысах. У крыс, находящихся в экстремальных условиях (искусственно вызванный диабет, длительное голодание, сильный и продолжительный стресс) индуцировались ключевые ферменты глиоксилатного цикла – изоцитратлиаза и малатсинтаза (Попов и др., 1996, 2000; Волвенкин и др., 1999). Нами была выдвинута гипотеза о постоянном функционировании у жвачных животных изоцитратлиазы и малатсинтазы (Галочкина, 2007; Галочкина и др. 2011); в последующем она была подтверждена экспериментально на бычках (Агафонова, Галочкина, 2015). При достаточной активности этих ферментов потенциально возможен синтез глюкозы из двухуглеродных органических кислот.

Таблица 12. Активность лактатдегидрогеназы в плазме крови, мкмоль НАД/мин/л ($M \pm m$, $n=5$)

Группы	n	Среднее арифметическое и доверительный интервал, время взятия крови до кормления		
		до кормления	через 1 час	через 3 часа
Предварительный период				
I	5	30,5 (31,0-29,8)**	35,0 (36,0-34,0)*	35,7 (37,8-33,6)
II	5	44,4 (50,1 - 38,6)	37,3 (38,8 - 35,8)	31,2 (33,0 - 29,4)**
1-й период				
I	3	31,1 (33,4 - 28,7)**	39,1 (43,2 - 35,0)*	52,8 (57,4 - 48,2)**
II	3	27,0 (28,9 - 25,2)	35,4 (36,8 - 34,1)	38,2 (40,2 - 36,2)
2-й период				
I	4	40,6 (46,6 - 34,6)**	91,3 (103 - 80)**	61,2 (68,1 - 54,3)**
II	5	66,2 (74,6-57,8)	65,1 (70,4-59,9)	77,6 (80,8-74,5)

Таблица 13. Индексы соотношения активности ферментов метаболизма пирувиноградной кислоты у бычков по периодам опыта ($M \pm m$, $n=5$)

Отношение активности ферментов	Среднее арифметическое и доверительный интервал, периоды опыта, группы					
	I группа, периоды			II группа, периоды		
	Пп	1	2	Пп	1	2
ПК ₀ /ПК ₁	2,24 (3,36- 1,13)**	0,79 (0,22-0,05)**	0,51 (0,28-0,08)**	0,88 (1,05-0,71)	1,94 (1,10-1,05)	1,71 (1,83-1,35)
ПК ₀ /ПК ₃	0,73 (1,21-0,25)	2,62 (4,25-0,93)	0,79 (1,50-0,08)	2,87 (4,73-1,02)	1,55 (2,93-0,17)	3,12 (5,13-1,12)
ПК ₀ /ЛДГ ₀	0,25 (0,27-0,24)**	0,07 (0,09-0,05)*	0,05 (0,07-0,03)*	0,21 (0,24-0,19)	0,13 (0,16-0,09)	0,10 (0,15-0,05)
ЛДГ ₀ /ЛДГ ₁	0,87 (0,94-0,80)**	0,80 (0,67-0,88)	0,49 (0,53-0,37)**	1,23 (1,46-0,85)	0,76 (0,71-0,86)	1,02 (1,47-0,74)

Примечания: Пп – предварительный период. ПК – пируваткарбоксилаза, ЛДГ – лактатдегидрогеназа; нижние индексы означают время взятия проб крови – до- (0) или через 1 или 3 ч после кормления.

Таблица 14. Концентрация глюкозы в плазме крови, мг/дл ($M \pm m$, $n=5$)

Гр.	Среднее арифметическое и доверительный интервал, периоды, время взятия крови		
	до кормления	через 1 час	через 3 часа
Предварительный период			
I	5,35 (6,01-4,70)	5,10 (5,50-4,70)	4,38(4,72-4,90)
II	4,88 (5,09-4,66)	4,81 (5,17-4,44)	4,02(4,49-3,56)
1-й период			
I	5,40 (5,79-5,01)	4,68 (5,23-4,14)	4,78 (5,48-4,07)
II	5,39(5,788-4,90)	5,40 (6,37-4,43)	5,43 (6,14-4,72)
2-й период			
I	4,68 (5,44-3,91)**	5,90 (6,22-5,58)	6,59 (7,09-6,09)
II	6,12 (6,62-5,61)	6,02 (6,46-5,57)	6,90 (7,27-6,54)

Концентрация ТАГ у бычков I группы через 3 ч после кормления почти двукратно превышала таковую у бычков II группы. В 3-м периоде и до-, и через 3 ч после кормления у бычков I группы этот показатель был выше, чем у бычков II группы (табл. 12). Эти данные можно интерпретировать следующим образом. В связи с высоким уровнем сырого и нераспадаемого протеина, углеродный скелет аминокислот мог использоваться в процессах липогенеза. Повышение липогенеза могло повлиять на снижение интенсивности роста бычков в этом периоде. Как было указано ранее, в печени была выявлена очень высокая активность СДГ, а сукцинат, как и пируват, можно считать стратегическим метаболитом. Как нами было показано ранее, в поддержании высокой активности СДГ значимую роль играют, наряду с

ферментами цикла Кребса, постоянно функционирующие у жвачных животных ключевые ферменты глиоксилатного цикла – изоцитратлиаза и малатсинтаза (Галочкина и др., 2011, Агафонова, 2014).

Таблица 15. Активность ферментов цикла Кребса и глиоксилатного цикла (M±m, n=5)

Ферменты	Группы, активность ферментов							
	I		II		%	нмоль/мин/г белка,		
	нмоль/мин/г ткани	доверительный интервал	нмоль/мин/г ткани	доверительный интервал		к 1-й группе	I	II
ПДГ	7,18	(8,19-6,17)	11,78*	(13,84-9,71)	164,0	46,4	72,1	155,4
ИДГ	0,53	(0,58-0,47)	0,50	(0,54-0,45)	94,3	3,3	3,1	93,9
α-КГД	2,03	(2,43-1,64)	2,03	(2,62-1,44)	100,1	13,0	12,6	96,9
СДГ	164	(210-119)	135	(163-108)	82,3	1031	833	80,8
МДГ	1,25	(1,53-0,97)	1,34	(1,56-1,11)	106,7	7,9	8,2	103,8
ИЦЛ	459	(326-593)	322	(447-197)	70,2	2380	1566	65,8
МС	170	(56-284)	228,7	(336-121)	134,6	828	996	120,3

Примечания: ПДГ – пируватдегидрогеназа; ИДГ – изоцитратдегидрогеназа; α-КГД – альфа-кетоглутаратдегидрогеназа; СДГ – сукцинатдегидрогеназа; МДГ – малатдегидрогеназа; ИЦЛ – изоцитратлиаза; МС – малатсинтаза.

Таблица 16. Концентрация триацилглицеролов в плазме крови, ммоль/л (M±m, n=5)

Гр.	Среднее арифметическое и доверительный интервал, периоды, время взятия крови		
	Предварительный период	1-й период	2-й период
	До утреннего кормления		
I	0,76 (0,83-0,69)	0,56 (0,60-0,43)	0,51 (0,60-0,43)
II	0,78 (0,86-0,70)	0,88 (1,50-0,26)	0,45 (0,50-0,40)
Через 3 ч после кормления			
I	0,39 (0,49-0,30)	0,67 (0,82-0,53)	0,88 (1,04-0,73)
II	0,440(0,57-0,31)	0,38 (0,53-0,23)	0,61 (0,73-0,48)

Выявленная высокая активность изоцитратлиазы свидетельствует о том, что у жвачных животных глюкоза может синтезироваться из двухуглеродных источников с вовлечением в этот процесс СДГ. Через малатсинтазу с участием ацетил-КоА и глиоксилата может синтезироваться малат, который также может пойти на синтез глюкозы. Возможно, в связи с этим концентрация глюкозы была наиболее высокой в I группе (табл. 10). У бычков II группы заметно более низкая активность изоцитратлиазы и СДГ и более высокая активность малатсинтазы. Эти процессы могли отразиться на продуктивных показателях.

Заключение

Целью работы было изучить продуктивные качества и параметры метаболизма у бычков холмогорской породы в период с 8- до 11-мес. возраста в условиях привязного содержания и высококонцентратного кормления с применением добавки соевого жмыха в качестве источника нераспадаемого протеина.

В сравнении с бычками, получавшими меньшее количество соевого жмыха, в опытной группе получен более высокий эффект по приросту живой массы (на 4%), массе туши (на 8%), выходу мякоти (на 17%), индексу мясности (на 9%) и показателям качества мяса при среднесуточном приросте живой массы 1250 г за опытный период от 9 до 11 мес. и максимальном приросте 1530 г в возрасте 10 мес.

Результаты изучения параметров, характеризующих состояние метаболизма, показали, что у животных опытной группы аминокислоты в большей степени использовались для биосинтеза мышечного белка, и в меньшей степени – в качестве энергетического источника. С другой стороны, данные по изучению постпрандиальной динамики активности ферментов, участвующих в метаболизме пирувата, свидетельствуют о существовании в циркадной ритмике периодов дефицита энергии у бычков опытной группы.

По данным изучения биохимических показателей крови в динамике (активность ферментов, общий белок, альфа-аминный азот, глюкоза и др. в плазме крови, взятой до-, через 1 и 3 ч после кормления) можно в определённой степени судить о направленности сдвигов в опытной и контрольной группах в отношении процессов интермедиарного обмена под действием кормовых факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агафонова А.В. Направленность метаболизма пировиноградной кислоты, азота и продуктивность растущих и откармливаемых бычков при различных условиях питания: автореф. дисс.... к.б.н. – Боровск, 2014. – 24 с.
2. Агафонова А.В., Галочкина В.П. Активность ферментов изоцитратлиазы, малатсинтазы, малатдегидрогеназы и сукцинатдегидрогеназы в клеточных фракциях гомогената печени жвачных животных // В сб.: 19-я межд. школа-конференция молодых ученых «Биология – наука XXI века» – Пушкино: институт биофизики, 2015. – С. 125-126.
3. Агафонов В.И., Галочкина В.П., Еримбетов К.Т., Кальницкий Б.Д., Матвеев В.А., Михайлов В.В., Сорокин М.В., Харитонов Е.Л. Рекомендации по оптимизации энергетического и протеинового питания молодняка крупного рогатого скота при интенсивном выращивании и откорме.– Боровск: ВНИИФБиП, 2007.– 27 с.
4. Волвенкин С.В., Попов А.Т., Епринцев А.Т. Субклеточная локализация и свойства ферментов глиоксилатного цикла в печени крыс с аллоксановым диабетом // Биохимия. – 1999. – Т. 64. – № 9. – С. 1185-1191.
5. Галочкина В.П. Взаимосвязь ферментов цикла Кребса и метаболизма пирувата с продуктивностью выращиваемых на мясо бычков и птицы: автореф. дисс... д.б.н. – Боровск, 2007. – 449 с.
6. Галочкина В.П., Солодкова А.В., Галочкин В.А. О специфике взаимосвязей в метаболизме три- и дикарбоновых кислот у высокопродуктивных жвачных животных (гипотеза) // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2011. – № 4. – С. 5-18.
7. Галочкина В.П. Влияние кормов с низкой распадаемостью протеина в рубце на продуктивность откармливаемых бычков // Зоотехния. – 2006. – № 9. – С. 12-14.
8. 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.
9. Матвеев В.А., Галочкина В.П., Дворецкая Е.Н., Еримбетов К.Т., Харитонов Е.Л., Семина Н.Н., Агафонов В.И., Сорокин М.В. Параметры обмена веществ и показатели мясной продуктивности у бычков при использовании кормов с пониженной распадаемостью в рубце протеина и крахмала // В сб.: Научные труды ВНИИФБиП. – 2001. – Т. 40. – С. 3-13.
10. Попов В.Н., Волвенкин С.В., Епринцев А.Т. и др. Индукция ферментов глиоксилатного цикла в различных тканях голодающих крыс // Известия АН, серия биология. – 2000. – № 6. – С. 672-678.
11. Попов В.Н., Игамбредиев А.У., Волвенкин С.В. Очистка и свойства изоцитратлиазы и малатсинтазы из печени голодающих крыс // Биохимия. – 1996. – Т. 61. – № 10. – С. 1898-1903.
12. Харитонов Е.Л., Мыслик Н.Д. Решение проблемы протеинового питания коров // Молочная промышленность. – 2011. – № 6. – С. 73-74.
13. Aldrich C.G., Merchen N.R., Nelson D.R., Barmore J.A. The effects of roasting temperature applied to whole soybeans on site of digestion by steers: II. Protein and amino acid digestion // J. Anim. Sci. – 1995. – Vol. 73. – No. 7. – P. 2131-2140.
14. Aldrich C.G., Merchen N.R., Parsons C.M., Hussein H.S., Ingram S., Clodfelter J.R. Assessment of postprandial amino acid digestibility of roasted and extruded whole soybeans with the precision-fed rooster assay // J. Anim. Sci. – 1997. – Vol. 75. – No. 11. – P. 3046-3051.

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. – Vol. 84. – No. 2. – P. 499-507.
16. Zinn R.A., Alvarez E.G., Montano M.F., Plascencia A., Ramirez J.E. Influence of tempering on the feeding value of rolled corn in finishing diets for feedlot cattle // *J. Anim. Sci.* – 1998. – Vol. 76. – No. 9. – P. 2239-2246.

REFERENCES

1. Agafonova A.V. *Napravlennost' metabolizma pirovinogradnoi kisloty, azota i produktivnost' rastushchikh i otkarmlivaemykh bychkov pri razlichnykh usloviyakh pitaniya* (Indices of the metabolism of pyruvic acid and nitrogen and productivity of growing and fattened bull-calves under different nutritional conditions). Extended Abstract of Diss. Cand. Sci. Biol., Borovsk, VNIIFBiP, 2014, 24 p.
2. Agafonova A.V., Galochkina V.P. [The activity of isocitrate lyase, malate synthase, malate dehydrogenase and succinate dehydrogenase in cellular fractions of the liver homogenate in ruminants]. In: *19-ya mezhd. shkola-konferentsiya molodykh uchennykh «Biologiya – nauka XXI veka* (19th Intern. school-conf. of young scientists: biology is the science of XXI century). Pushchino: Institute of Biophysics Publ., 2015, P. 125-126.
3. Agafonov V.I., Galochkina V.P., Erimbetov K.T., Kal'nitskii B.D., Matveev V.A., Mikhailov V.V., Sorokin M.V., Kharitonov E.L. *Rekomendatsii po optimizatsii energeticheskogo i proteinovogo pitaniya molodnyaka krupnogo rogatogo skota pri intensivnom vyrashchivanii i otkorme* (Guidelines on optimizing energy and protein nutrition of young cattle in the intensive rearing and fattening). Borovsk: VNIIFBiP, 2007, 27 p.
4. Aldrich C.G., Merchen N.R., Nelson D.R., Barmore J.A. The effects of roasting temperature applied to whole soybeans on site of digestion by steers: II. Protein and amino acid digestion. *J. Anim. Sci.* 1995, 73(7): 2131-2140.
5. Aldrich C.G., Merchen N.R., Parsons C.M., Hussein H.S., Ingram S., Clodfelter J.R. Assessment of postruminal amino acid digestibility of roasted and extruded whole soybeans with the precision-fed rooster assay. *J. Anim. Sci.* 1997, 75(1): 3046-3051.
6. Galochkina V.P. *Vzaimosvyaz' fermentov tsikla Krebsa i metabolizma piruvata s produktivnost'yu vyrashchivaemykh na myaso bychkov i ptitsy* (Relationship of the enzymes of the Krebs cycle and the metabolism of pyruvate productivity of calves grown for meat and poultry). Extended Abstract of Diss. Dr. Sci. Biol., Borovsk, VNIIFBiP, 2007, 43 p.
7. Galochkina V.P., Solodkova A.V., Galochkin V.A. [About the specifics of the relationships in the metabolism of tri - and dicarboxylic acids in high-yielding ruminants (hypothesis)]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology.* 2011, 4: 5-18.
8. Galochkina V.P. [Effects of feed with low protein degradability in the rumen on the productivity of fattening bull-calves.]. *Zootekhnika - Zootechnics.* 2006, 9: 12-14.
9. Kalashnikov A.P., Fisinin V.I., Shcheglov V.V., Kleimenov N.I. (Eds). *Normy i ratsiony dlya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Feeding norms and diets for farm animals). Moscow: Agropromizdat Publ., 2003, 456 p.
10. Kharitonov E.L., Mysnik N.D. *Molochnaya promyshlennost' - Dairy Industry.* 2011, 6: 73-74.
11. 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.
12. Matveev V.A., Galochkina V.P., Dvoretzskaya E.N., Erimbetov K.T., Kharitonov E.L., Semina N.N., Agafonov V.I., Sorokin M.V. [Parameters of metabolism and indicators of meat productivity of bull-calves with the use of feed with low rumen degradability of the protein and starch]. In: *Proc. VNIIFBiP.* 2001, 40, P. 3-13.
13. Popov V.N., Volvenkin S.V., Eprintsev A.T. et al. [Induction of glyoxylate cycle enzymes in various tissues of starving rats]. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk, seriya biologiya - Bulletin of the Russian Academy of Sciences, series of biology.* 2000, 6: 672-678.
14. Popov V.N., Igambrediev A.U., Volvenkin S.V. [Purification and properties of isocitrate and malate from the liver of starving rats]. *Biokhimiya - Biochemistry.* 1996, 61(10): 1898-1903.
15. Volvenkin S.V., Popov A.T., Eprintsev A.T. [Subcellular localization and properties of enzymes glyoxylate cycle in the liver of rats with alloxan diabetes]. *Biokhimiya - Biochemistry.* 1999, 64(9): 1185-1191.

16. Zinn R.A., Alvarez E.G., Montano M.F., Plascencia A., Ramirez J.E. Influence of tempering on the feeding value of rolled corn in finishing diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 1998, 76(9): 2239-2246.

Production traits and indices of intermediary metabolism in Kholmogor bulls during intensive growing and fattening

Galochkina V.P., Agafonova A.V., Obvintseva O.V., Galochkin V.A.

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

ABSTRACT. The aim of the work was to study the productive traits and parameters of metabolism in Kholmogor bulls in the age period from 8 to 12 months in conditions of high-concentration feeding. The experiment was carried out on two groups of bulls, by 5 bulls each. In two experimental periods lasting 1 month each, soybean meal supplements was administered in a balanced diet as a source of low degradable protein, in group I in the amount of 500 g, in group II – 250 g, in 2nd period 600 and 300 g, respectively. Feeding of mixed fodder increased from 4 kg in the preliminary and 1st trial periods to 5 kg in the 2nd trial period. To characterize the state of intermediary metabolism, in plasma taken before feeding, after 1 and 3 hours after feeding were determined the biochemical parameters: activity of piruvatcarboxylase, lactate dehydrogenase, five dehydrogenases of the Krebs cycle, and isocitrate malatsyntase, the concentration of glucose, amino nitrogen, total protein; the quantity of urea and creatinine in daily urine was determined.

In comparison with group II fed a smaller amount of soybean meal, the group I showed a greater effect in live weight gain (by 4%), carcass mass (by 8%), meat yield (by 17%), and meat quality indicators with an average daily live weight gain 1250 g for age period from 10 to 12 months and maximum daily live weight gain 1530 g in the age interval 10-11 months. The results of studying metabolic parameters showed that in animals of the experimental group in comparison with the control, the amino acids originating from the gastrointestinal tract, mainly used for the biosynthesis of muscle proteins, and to a lesser extent as an energy source. On the other hand, the data for the study of postprandial dynamics of activity of enzymes involved in the metabolism of pyruvate indicate the existence of circadian rhythm periods with the energy deficit in bulls of the experimental group. According to the study of blood biochemical parameters dynamics (the activity of enzymes, total protein, alpha-amino nitrogen, glucose, etc. in blood plasma, taken before feeding, after 1 and 3 h after feeding) can to a certain extent to estimate the direction of the shifts in the experimental and control groups with respect to the processes intermediary metabolism.

Keywords: intensive rearing and fattening of calves, Kholmogor breed, protein nutrition, intermediary metabolism, blood, biochemical blood composition, enzymes

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2017, 2: 60-73

Поступило в редакцию: 30.04.2017

Получено после доработки: 13.05.2017

Галочкина Валентина Петровна, д.б.н., т. 8(915)862-66-00;

Агафонова Анастасия Викторовна, к.б.н., с.н.с., т. 8(910)910-07-15;

Обвинцева Ольга Витальевна, к.б.н., н.с.; olgamechnikova0774@mail.ru;

Галочкин Владимир Анатольевич, д.б.н., зав. лаб., т. 8(910)523-98-22.