

**ПРОДУКТИВНЫЕ И МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ
ВКЛЮЧЕНИЯ ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ В СОСТАВ РАЦИОНОВ
ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ВЫРАЩИВАНИИ БЫЧКОВ**

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

*ВНИИ физиологии, биохимии и питания животных - филиал ФНЦ
животноводства – ВИЖ им. Л.К. Эрнста, Боровск Калужской обл.,
Российская Федерация*

Цель работы – изучение влияния пропиленгликоля (ПГ) при длительном введении его в рацион на метаболические показатели и продуктивные качества у интенсивно откармливаемых бычков холмогорской породы в двух сериях опытов. В первой серии опыт с применением ПГ в составе комплексной кормовой добавки был проведен на двух группах бычков по 5 голов в каждой с начальной живой массой в I и II группах 286 ± 8 и 287 ± 6 кг соответственно. Животные I (контрольной) группы в течение двух месяцев дополнительно к комбикорму получали 500 г подсолнечного шрота, а бычки II группы – 300 г комплексной кормовой добавки, состоящей из 180 г кукурузного жмыха, 30 г мочевины, 30 г ПГ и 45 г пшеничных отрубей. В контрольной группе потребление азота с кормом составило $143,0 \pm 3,4$ г в сутки, а в опытной – $136,5 \pm 2,0$ г, т.е. 10,2% азота рациона было представлено мочевиной. Во второй серии опыт с применением разных доз ПГ был проведен в период с 8- до 13-мес. возраста на трёх группы животных по 3 головы в каждой, I группа – контрольная, без добавки ПГ. В первый период опыта бычки II и III группы получали ПГ по 80 и 160 г в сутки соответственно. Во второй период суточная доза ПГ составила во II группе – 200 мл, а в III – 250 мл. Продолжительность первого периода опыта – 41 день, второго – 42 дня, третьего – 54 дня. В третьем периоде уровень сырого протеина в сухом веществе рациона был увеличен до 14,2% за счет введения соевого шрота в состав комбикорма. Животным II группы при каждом кормлении к комбикорму добавляли ПГ в дозе 250 г в сутки. В первой серии опытов среднесуточный прирост живой массы бычков в контрольной и опытной группах был одинаковым (1172 ± 60 и 1175 ± 66 г). Во второй серии опытов скармливание ПГ в дозе 250 мл обеспечило увеличение на 15,1% ($P < 0,05$) среднесуточного прироста ЖМ, который составил 1537 ± 32 г в опытной группе против 1335 ± 67 г в контроле. В туше бычков опытной группы по сравнению с контролем масса туши была больше на 4,1%, количество мякоти в туше на 8,5% ($P < 0,05$), отношение мякоти к костям на 17,8% и меньше на 19,1% ($P < 0,05$) внутреннего жира в туше. Установлено увеличение общего содержания пирувата ($P < 0,05$) на фоне снижения ($P < 0,01$) свободного тиамина в печени бычков. Этот эффект может быть обусловлен повышением активности пируватдегидрогеназного комплекса, а механизм действия ПГ связан с его участием в регуляции интенсивности цикла трикарбоновых кислот за счёт изменения концентрации пирувата. Заключение, что длительное применение ПГ в составе рациона при интенсивном выращивании бычков не оказывает отрицательного влияния на обменные процессы, способствует повышению интенсивности роста и улучшению качества мяса.

Ключевые слова: кормление скота, бычки на откорме, биологически активные добавки, пропиленгликоль, метаболический статус, интенсивность роста, качество мяса

Проблемы биологии продуктивных животных, 2019, 2: 64-77

Введение

Основными субстратами для обеспечения процессов биосинтеза белков, углеводов и липидов в организме жвачных животных являются аминокислоты, глюкоза, ацетат, пропионат, высшие жирные кислоты и кетонные тела. Можно полагать, что максимальная

эффективность процессов биосинтеза компонентов мяса в организме растущего молодняка крупного рогатого скота будет наблюдаться в случае, если метаболический пул будет в достаточном количестве и в оптимальном соотношении обеспечен основными субстратами – аминокислотами и глюкозой. При введении пропиленгликоля в рацион жвачных, после всасывания из рубца, он поступает в клетки печени, где практически полностью используется на образование глюкозы (Christensen, 1997; Болдырева, 2004; Kim, 2005; Воловников и др., 2007; Мусаев и др. 2013). В мировой практике пропиленгликоль обычно используют в качестве глюкогенной и энергетической добавки для коров в последнюю декаду сухостойного периода и в период ранней стадии лактации с целью предотвращения кетозов (Фомичев, 2006; Шарвадзе и др. 2017). Как потенциальный источник синтеза углеводов, пропиленгликоль включается в обмен веществ на уровне триозофосфатов. Максимальный уровень пропиленгликоля, в крови после введения *per os* наблюдается через 1 час, затем постепенно снижается и к 12 ч обнаруживаются только его следы (Miyoshi, 2001).

Повышение интенсивности роста и наращивания мышечной массы у откармливаемых бычков наблюдается при скармливании высококонцентрированных кормов или при большом поступлении крахмала из рубца в кишечник (Матвеев и др., 2001; Коровяцкий и др., 2004, Галочкина, 2006; Струк и др., 2010; Спивак, 2013). При этом происходит увеличение уровня глюкозы в крови за счет повышенного поступления метаболических предшественников глюкозы или большего всасывания глюкозы в кишечнике. Поскольку пропиленгликоль, применяемый в качестве глюкогенной и антикетогенной добавки, вероятно, медленнее метаболизируется в организме животного, чем пропионат, поэтому можно предположить, что он является пролонгированной формой пропионата. Распадаясь до пропионата, пропиленгликоль может превращаться в лактат и далее через карбоксилирование пирувата использоваться по пути глюконеогенеза.

Цель данной работы – изучение влияния пропиленгликоля при длительном введении его в рацион на метаболические показатели и продуктивные качества у интенсивно откармливаемых бычков.

Материал и методы

Две серии экспериментов были проведены в условиях вивария института на бычках холмогорской породы в период интенсивного выращивания. *В первой серии опыт с применением полипропиленгликоля в составе комплексной кормовой добавки* был проведен методом групп на десяти 12-месячных бычках холмогорской породы. Содержание животных привязное, кормление индивидуальное, двухразовое. Ежедневно учитывали потребление корма. Для оценки интенсивности роста взвешивали животных ежемесячно до утреннего кормления в течение двух смежных дней.

В предварительный период опыта в течение двух месяцев животные были приучены к максимальному потреблению сена и силоса, при этом среднесуточный прирост живой массы составлял более 1000 г. По результатам взвешивания их распределили в две группы по 5 голов в каждой с начальной живой массой в I и II группах 286 ± 8 и 287 ± 6 кг соответственно.

Рацион для бычков был составлен в соответствии с нормами для интенсивного выращивания и откорма молодняка крупного рогатого скота (Калашников, 2003). В его состав входили: сено злаковое 2,4 кг, сенаж злаковый 8,0 кг, меласса из свеклы 0,5 кг и 4,0 кг комбикорма, количество которого соответствовало 50-55% обменной энергии рациона. Комбикорм состоял из компонентов: 52,5% ячменя, 15% пшеницы, 15% отрубей пшеничных, 14,5% подсолнечного шрота, 0,8% поваренной соли, 1,2% известняковой муки и 1,0% премикса (табл. 1, 2).

Таблица 1. Рацион кормления бычков контрольной группы в возрасте 14-мес.*

Показатели	Корма					Итого
	Сено злаков ое	Сенаж разнотравный	Комби корм	Патока тростниковая	Шрот подсолнечный	
Масса корма, кг	2,4	8,0	4,0	0,5	0,5	15,4
Кормовые единицы	1,2	2,48	4,44	0,35	0,42	8,96
Обменная энергия, МДж	16,42	23,44	40,8	4,7	4,64	90,0
Сухое вещество, кг	2,15	3,04	3,36	0,4	0,45	9,40
Сырой протеин, г	154	392	460	50	182	1238
Переваримый протеин, г	77	232	324	30	64	727
Распадаемый протеин, г	89	314	358	50	144	955
Нераспадаемый протеин, г	65	78	102	-	38	283
Сырой жир, г	48	108	40	-	1,5	198,5
Сырая клетчатка, г	677	1272	124	-	46	2121
Концентрация ОЭ в 1 кг СВ						9,66
Переваримый протеин, г/МДж						8,08

Примечание: здесь и в табл. 2: *на период проведения балансового опыта

Таблица 2. Рацион кормления бычков опытной группы в возрасте 14-мес.

Показатели	Корма					Итого
	Сено злаковое	Сенаж разнотравный	Комби-корм	Патока тростниковая	ККД	
Масса корма, кг	2,4	8,0	4,0	0,5	0,3	15,2
Кормовые единицы	1,27	2,48	4,44	0,35	0,37	8,91
Обменная энергия, МДж	16,42	23,44	40,8	4,7	3,70	89,06
Сухое вещество, кг	2,15	3,04	3,36	0,40	0,26	9,21
Сырой протеин, г	154	392	460	50	119	1175
Переваримый протеин, г	77	232	324	30	110	773
Распадаемый протеин, г	89	314	358	50	27	838
Нераспадаемый протеин, г	65	78	102	-	92	337
Сырой жир, г	48	108	40	-	45	241
Сырая клетчатка, г	677	1272	124	-	18	2091
Концентрация ОЭ в 1 кг СВ						9,67
Переваримый протеин, г/МДж						8,68

Животные I (контрольной) группы получали дополнительно к комбикорму 500 г подсолнечного шрота, а бычки II группы – 300 г комплексной кормовой добавки (ККД), состоящей из 180 г жмыха из кукурузных зародышей, 30 г мочевины гранулированной, 30 г (или 30 мл) пропиленгликоля, 15 г серы элементарной и 45 г отрубей пшеничных (табл. 3). Продолжительность опыта – два месяца.

Таблица 3. Содержание компонентов в 1 кг комплексной кормовой добавки

Жмых из кукурузных зародышей	Мочевина	Пропиленгликоль	Отруби пшеничные	Сера	Суточная норма, г
600	100	100	150	50	300

Во второй серии опыт с применением разных доз пропиленгликоля был проведен методом групп-периодов, продолжительность опыта с 8- до 13-мес. возраста. Содержание животных привязное, кормление двухразовое. Уровень кормления был рассчитан на

обеспечение интенсивного выращивания и откорма (Калашников и др., 2003). В состав рациона входили: сено злаковое, силос злаковый и комбикорм в количестве 55-60% по ОЭ.

По принципу аналогов с учетом живой массы и интенсивности роста было сформировано сначала три группы животных по 3 головы в каждой. Первая группа – контрольная, которой пропиленгликоль не давали. Бычкам опытных групп 2 раза в день скармливали с комбикормом пропиленгликоль. В первый период опыта бычки получали в сутки по 80 (I группа) и 160 мл (III группа) пропиленгликоля. Во второй период опыта суточная доза пропиленгликоля составила во II группе – 200 мл, а в III – 250 мл. Продолжительность первого периода опыта составила 41 день, второго – 42 дня. В третьем периоде опыта бычков по принципу аналогов по живой массе и интенсивности роста распределили на две группы по 4 головы в каждой. В этот период уровень сырого протеина в сухом веществе рациона был увеличен до 14,2% за счет введения соевого шрота в состав комбикорма. Животным II группы при каждом кормлении к разовой порции комбикорма добавляли пропиленгликоль в дозе 250 мл в сутки. Продолжительность последнего (третьего) периода опыта во второй серии составляла 54 дня (табл. 4).

В течение всего эксперимента в обеих сериях проводили балансовые опыты, брали пробы крови пункцией яремной вены до- и через 1 и 3 ч после кормления. В первой серии кровь брали через 21 и 51 день после начала применения ККД, во второй серии – до начала балансового опыта.

Для оценки процессов пищеварения у бычков определяли потребление корма и переваримость основных питательных веществ рациона. В крови определяли содержание глюкозы глюкозооксидазным методом (Радченков и др., 1986). Для выяснения метаболических эффектов пропиленгликоля в плазме крови определяли активность пируваткарбоксилазы (Галочкина, 1997) и лактатдегидрогеназы (с набором фирмы Лахема, Чехия). Активность пируваткарбоксилазы выражали в микромолях НАД-Н, окисленного за минуту инкубации при 30⁰С, активность лактатдегидрогеназы – в микромолях НАД, восстановленного за минуту инкубации при 30⁰С из расчета на 1 л плазмы.

Таблица 4. Состав комбикормов для бычков во второй серии эксперимента

Компоненты	% по массе по периодам	
	ЖМ 150-290 кг в период доращивания	ЖМ более 290 кг в период откорма
Ячмень	52	42
Пшеница	15	15
Шрот подсолнечный	15	15
Шрот соевый	15	10
Отруби пшеничные	1	15
Соль поваренная	1	1
Обефторенный фосфат	1	1
Премикс для молодняка КРС	1	1

В обеих сериях в конце опытов проводили убой животных с последующей обвалкой полутуш и отбором проб тканей для биохимических и морфологических исследований.

Результаты и обсуждение

Введение скармливания ККД взамен подсолнечного шрота (в первой серии эксперимента) существенно не повлияло на потребление корма животными опытной группы. Согласно результатам балансового опыта, бычки контрольной и опытной групп потребляли практически одинаковое количество энергии с кормом (142,8±4,0 и 142,0±2,92 МДж), с одинаковой эффективностью переваривали её; уровень обменной энергии составил в I и II

группах $66,7 \pm 2,7$ и $65,8 \pm 2,8$ МДж/сутки соответственно, т.е. эксперимент был проведен в условиях изокалорийного питания.

В 500 г подсолнечного шрота содержалось 27,4 г азота, а в 300 г ККД – 19,8 г азота, в том числе 13,9 г азота мочевины. Бычки контрольной группы потребляли с кормом в сутки $143,0 \pm 3,4$ г азота, а опытной – $136,5 \pm 2,0$ г, т.е. азот мочевины составил 10,2% от азота, потреблённого бычками опытной группы за сутки. Рационы были составлены с расчётом на то, что замена подсолнечникового шрота на ККД в рационе бычков при интенсивном доращивании и откорме позволит адекватно обеспечить потребности организма животных питательными веществами и энергией и, соответственно, получить необходимый уровень продуктивности.

За 2-мес. период опыта среднесуточный прирост живой массы бычков в контрольной и опытной группах составил 1172 ± 60 и 1175 ± 66 г, а живая масса животных в возрасте 14 мес. – 362 ± 10 и 363 ± 6 кг. Эти данные свидетельствуют о том, что рационы животных обеих групп были сбалансированы по основным питательным веществам, что обеспечило высокую эффективность их использования на прирост. Следовательно, скармливание бычкам синтетического источника азота в составе комплексной кормовой добавки обеспечило потребности животных в азоте, несмотря на более низкий его уровень в рационе.

В качестве одной из предпосылок включения в состав комплексной кормовой добавки пропиленгликоля явились результаты зарубежных исследований о положительном влиянии его на метаболизм углеводов у коров в период раздоя. Пропиленгликоль после всасывания из желудочно-кишечного тракта поступает в клетки печени, где может использоваться для образования глюкозы (Grummer et al., 1994). Ранее было показано, что через 21 день после начала скармливания комплексной кормовой добавки у бычков опытной группы по сравнению с контролем был значительно ниже базальный уровень глюкозы в крови (на 7,0%, $P < 0,05$) (Фомин, Матвеев, 2005). В данном эксперименте через 1 и 3 ч. после приёма корма, сохранилась тенденция к более низкому содержанию глюкозы в крови животных опытной группы по сравнению с контролем (табл. 5). При длительном применении комплексной кормовой добавки (51 день) содержание глюкозы в крови бычков существенно не увеличивалось. Следовательно, при замене в рационе бычков подсолнечного шрота кормовой добавкой не удалось сохранить на том же уровне обеспеченность организма животных глюкозой, несмотря на изокалорийность рационов.

Таблица 5. Концентрация глюкозы в крови бычков при применении ККД, ммоль/л ($M \pm m$, $n=5$)

Группы	Время после приема корма, часы		
	0	1	3
Через 21 день после начала применения ККД			
I (контроль)	$3,25 \pm 0,08$	$3,18 \pm 0,03$	$3,20 \pm 0,05$
II	$3,03 \pm 0,04^*$	$2,99 \pm 0,11$	$3,08 \pm 0,11$
Через 51 день после начала применения ККД			
I	$3,24 \pm 0,04$	$3,26 \pm 0,13$	$3,16 \pm 0,09$
II	$3,00 \pm 0,06^*$	$3,00 \pm 0,08$	$2,88 \pm 0,10$

Примечание: здесь и далее в таблицах: * $P < 0,05$ по t - критерию при сравнении с контролем

Результаты исследований подтвердили правильность рабочей гипотезы и показали, что замена подсолнечного шрота комплексной кормовой добавкой позволяет адекватно обеспечить потребности организма животных питательными веществами и энергией и, соответственно, получить необходимый уровень продуктивности. Представленные данные свидетельствуют, что включение пропиленгликоля в состав добавки обеспечило повышение функции инсулярного аппарата только после приёма корма, а базальный уровень инсулина в

сыворотке крови у бычков опытной группы был существенно ниже контроля (Фомин, Матвеев, 2005). Следовательно, применение интенсивно растущим бычкам пропиленгликоля в дозе 30 мл на голову в сутки недостаточно для предотвращения ингибирующего влияния мочевины на функциональную активность инсулярного аппарата поджелудочной железы, а также на продуктивность бычков в целом.

Увеличение живой массы связано с изменением соотношения массы мышечной, жировой и костной тканей, от которого зависит качество получаемой говядины. Для характеристики показателей мясной продуктивности в конце опыта провели убой животных с последующим анализом состава туши. Результаты исследований показали (табл. 6), что масса туши и количество мякоти в ней в опытной группе было больше на 3,0 и 4,0 % соответственно, а количество костей и внутреннего жира на 3,4 и 5,8% меньше, в результате было выше на 8,6% отношение мякоти к костям. Эти данные свидетельствуют о лучшем качестве говядины, полученной от животных опытной группы, и подтверждают целесообразность применения ККД в рационах при интенсивном выращивании бычков.

Таблица 6. Результаты контрольного убоя бычков при применении комплексной кормовой добавки (M±m, n=5)

Показатели	Группы		% к контролю
	I (контроль)	II	
Масса туши, кг	191,2±2,6	196,9±2,61	103,0
Убойный выход, %	53,99±0,9	54,23±0,48	100,4
Количество мякоти в туше, кг	137,7±1,1	144,1±2,87	104,6
Количество мякоти в туше, %	75,4±0,5	77,0±0,76	102,0
Количество костей в туше, кг	44,6±1,3	43,1±1,03	96,6
Количество костей в туше, %	24,4±0,6	23,0±0,76	94,3
Отношение мясо/кости	3,09±0,1	3,36±0,14	108,6
Количество внутреннего жира в туше, кг	10,3±0,9	9,7±0,76	94,2
Количество внутреннего жира в туше, %	5,41±0,5	4,93±0,3	91,1

Поступление в организм животных ПГ, включённого в состав комплексной кормовой добавки, способствовало лучшему обеспечению организма энергией, а мочевины и сера, входящие в состав добавки, повышали синтез микробного протеина и, несмотря на меньшее содержание в рационе бычков опытной группы сырого протеина, переваримого протеина в их рационе было больше на 46 г (на 6,2%). Этому способствовало и большее потребление животными опытной группы сена на 8,7% и сенажа на 5,7%, при разнице в потреблении сырого протеина лишь на 17 г. Переваримого протеина бычки опытной группы потребляли на 61 г больше, чем контрольные, за счет микробного белка, чему способствовало большее поступление в рубец грубых кормов. Кроме того, использование бычками опытной группы ККД повышало содержание в их рационе труднорастворимого в рубце протеина на 54 г за счет жмыха из кукурузных зародышей, богатых нераспадаемым протеином, и оно превысило значения контрольной группы на 23,4 %.

Введение в ККД пропиленгликоля способствовало повышенному образованию в организме субстратов глюконеогенеза и через цикл Кребса обеспечивало в организме бычков опытной группы повышение выработки энергии. Большее образование интермедиатов цикла трикарбоновых кислот и усиление процесса глюконеогенеза способствовало, как большему синтезу аминокислот, так большей их сохранности (меньшее их использование в синтезе глюкозы). Все эти положительные эффекты введения в рацион подопытных бычков ККД повысило показатели мясности бычков. Судя по снижению содержания внутреннего жира и повышению на 3,2% отношения мякоти к жиру, более высокий синтез белка сопровождался повышенным липолизом. Большее наращивание мякоти происходило при равной затрате обменной энергии и меньшего расхода сырого (98,4%) и переваримого (95,1%) протеина на

единицу получаемой продукции. Таким образом, применение ККД способствовало получению большего количества мякотной части туши с меньшими затратами протеина на единицу прироста при снижении использования дефицитного подсолнечного шрота.

Вместе с тем, данные, полученные в нашем опыте при использовании ККД с пропиленгликолем, в частности, по динамике содержания глюкозы в крови, по-видимому, свидетельствуют о том, что положительный метаболический эффект пропиленгликоля был реализован не в полной мере. Если доза ККД была мала, то увеличивать её нельзя, поскольку это вызовет удорожание стоимости добавки и её применение окажется экономически невыгодным. Другой подход может заключаться в изменении схемы использования пропиленгликоля и в применении иного набора кормов, что было реализовано во второй серии опытов.

Результаты, полученные в этих опытах, показали, что у бычков контрольной группы после приема корма концентрация глюкозы в крови в большинстве случаев снижается (табл. 7), что, по-видимому, связано с усилением её использования в тканях. Следовательно, подъем уровня инсулина через 1 час после приема корма не связан с увеличением в крови концентрации глюкозы, которая в данном случае не является индуктором секреции инсулина (Воловников, Матвеев, 2007).

Таблица 7. Концентрация глюкозы в крови бычков при введении в рацион пропиленгликоля во второй серии опытов, моль/л ($M \pm m$)

Группы	Время после приема корма		
	До кормления	1	3
1-й период опыта (n = 3)			
I	2,81±0,06	2,79±0,13	3,01±0,06
II	2,78±0,07	2,86±0,05	2,91±0,08
% к I группе	98,9	102,5	96,7
III	2,80±0,14	3,01±0,10	3,13±0,08
% к I группе	99,6	107,9	104,0
2-й период опыта (n = 3)			
I	3,13±0,09	2,85±0,07	2,80±0,14
II	3,22±0,17	3,01±0,05	3,15±0,05
% к I группе	102,9	105,6	112,5
III	3,23±0,10	3,14±0,03	3,06±0,07
% к I группе	103,2	110,2	109,3
3-й период опыта (n = 4)			
I	3,02±0,05	3,06±0,02	3,03±0,04
II	3,16±0,07	3,23±0,06	3,17±0,05
% к I группе	104,6	105,5	104,6

В целях изучения влияния пропиленгликоля на интенсивность метаболических процессов на фоне повышенной концентрации инсулина в крови уровень сырого протеина был увеличен с 12,7 до 14,2% за счет введения в рацион соевого шрота. Пропиленгликоль давали во второй серии опытов в течение всего периода эксперимента в расчёте на голову. По мере повышения интенсивности роста (среднесуточный прирост массы тела был более 1100 г) дозу пропиленгликоля на единицу массы тела в процессе опыта снижали, и для объективного анализа полученных данных в периоды взятия проб крови рассчитывали фактическую дозу пропиленгликоля на 1 кг метаболической массы ($JM^{0,75}$) бычков (табл. 8).

В заключительный период опыта исследовали эффективность добавки пропиленгликоля на фоне высокого содержания протеина в рационе. С этой целью в ежедневный рацион бычкам контрольной и опытной групп ввели по 500 г соевого шрота, что увеличило содержание протеина на 16,5% при повышении энергетической ценности комбикорма приблизительно на 7 МДж/кг. Бычки опытной группы потребили больше на 5,9% обменной энергии и на 4,5% меньше протеина. В итоге среднесуточный прирост живой массы бычков

опытной группы повысился до 1537 ± 36 г ($P < 0,05$), что превышало этот показатель у бычков контрольной группы на 15,1% при среднесуточном приросте 1335 ± 67 . Среднесуточный прирост живой массы у этих бычков был на 15,8% выше, чем у животных с такой же дозировкой пропиленгликоля в предыдущем периоде опыта (табл. 9).

Таблица 8. Доза пропиленгликоля в расчёте на 1 кг метаболической массы бычков по периодам опыта, мл

Группы	Периоды опыта		
	1-й	2-й	3-й
I	контроль	контроль	контроль
II	1,44	2,92	3,12
III	2,85	3,54	

Таблица 9. Интенсивность роста, потребление корма и питательных веществ у подопытных бычков в заключительный период откорма ($M \pm m$, $n=4$)

Показатели	Группы		% к контролю
	контрольная	опытная	
Среднесуточный прирост ЖМ, г	1335 ± 67	$1537 \pm 32^*$	115,1
Потреблено: сена, кг	1,268	1,116	88,0
Силоса, кг	10,488	8,090	77,1
Комбикорма, кг	4,488	5,00	111,4
Обменной энергии, МДж	79,4	84,1	105,9
Сырого протеина, г	1487	1423	95,7
Расщепляемого протеина, г	907	883	97,4
Нерасщепляемого протеина, г	580	540	93,1
Оплата корма:			
по ОЭ, МДж/кг прироста	59,5	54,7	91,9
по СП, г/кг прироста	1114	926	83,1

Длительное применение пропиленгликоля бычкам, даже в дозе 250 мл на голову в сутки, не оказало существенного влияния на потребление корма. Животные опытной группы несколько меньше съедали сена и силоса при равном потреблении концентратов. В результате более высокой интенсивности роста у бычков опытной группы затраты питательных веществ корма на единицу продукции были меньше, чем в контроле. В частности, на 1 кг прироста живой массы затрачено в опытной группе $53,3 \pm 1,3$ МДж обменной энергии и 741 ± 3 г сырого протеина, а в контроле – $60,5 \pm 2,0$ МДж и 909 ± 17 г соответственно.

Во все периоды второй серии опытов среднесуточный прирост бычков был более 1000 г (табл. 10). При скармливании в дозах 80, 160 и 200 мл на голову в сутки наблюдалась тенденция к снижению интенсивности роста у бычков опытных групп. Среднесуточный прирост живой массы у них был меньше, чем у животных контрольной группы на 7,5; 2,2 и 7,5% соответственно. Скармливание бычкам пропиленгликоля в дозе 250 мл на голову обеспечило увеличение среднесуточного прироста на 8% при умеренном повышении расхода протеина.

Увеличение уровня протеинового питания в заключительный период откорма за счет введения в состав комбикорма соевого шрота обеспечило повышение интенсивности роста бычков обеих групп по сравнению с предыдущими периодами данной серии опытов.

Анализ данных по потреблению и использованию энергии корма показал, что в заключительный период откорма бычков при применении пропиленгликоля в дозе 250 мл на голову в сутки наблюдалась тенденция к снижению потерь энергии с мочой на 2,8%, увеличению теплопродукции на 7,6% и энергии прироста на 2,1%.

Таблица 10. Среднесуточный прирост бычков живой массы по периодам второй серии эксперимента, г (M±m)

Группы	Периоды опыта		
	1 (n = 3)	2 (n = 3)	3 (n = 4)
I (контроль)	1276±50	1228±31	1335±67
II	1181±110	1185±49	1537±32*
III	1248±42	1327±59	-

В плане оценки метаболических аспектов проведенных опытов, следует отметить, что при повышении интенсивности роста бычков за счет увеличения уровня протеинового питания повышается потребность в глюкозе. В этих условиях обеспеченность процессов метаболизма в глюкозе может быть лимитирующим фактором в реализации продуктивного потенциала. Наличие положительной направленности в эффективности использования протеина корма и интенсивности роста бычков при применении пропиленгликоля в этих условиях указывает на то, что потенциальные возможности глюконеогенеза в клетках печени у молодняка крупного рогатого скота достаточно высокие, а обеспеченность метаболизма глюкозой лимитируется количеством глюкогенных субстратов, поступающих из желудочно-кишечного тракта в кровь.

Во второй серии опытов в периоды дорастивания и откорма с применением разных доз пропиленгликоля (в 1-ом периоде опыта 80, 160 мл и во 2-ом – 200 и 250 мл на голову в сутки) было показано дозозависимое влияние пропиленгликоля на продуктивность и активность пируваткарбоксилазы и лактатдегидрогеназы в плазме крови. На фоне высокой интенсивности роста дополнительный прирост ЖМ был отмечен только при дозе 250 мл – в контрольной группе 1248±42, а в опытной - 1327±59 г в сутки (выше на 6,3%).

Таблица 11. Активность пируваткарбоксилазы и лактатдегидрогеназы в плазме крови бычков при применении пропиленгликоля на рационе с высоким уровнем протеина (M±m, n=4)

Периоды опыта	Время после кормления, ч					
	Контроль			Опыт		
	0	1	3	0	1	3
Пируваткарбоксилаза						
Опытный период	95±6	103±15	119±27	107±16	118±24	157±14
% к контролю				112,6	114,6	131,9
ПК/ЛДГ	1,92	1,53	1,86	1,80	1,68	2,36
Лактатдегидрогеназа, мкмоль НАД/мин/л						
Опытный период	49,5	67,3	64	59,4	70,2	66,6
% к контролю				121,0	104,3	104,1

По активности ферментов (табл. 11) и по отношению активности пируваткарбоксилазы к лактатдегидрогеназе (коэффициенту ПК/ЛДГ) можно сделать заключение, что в опытной группе после приема корма лактат через пируват в большей степени использовался в глюконеогенезе, а до приема корма – в окислительных реакциях. Это один из путей метаболизма в организме пропиленгликоля (Галочкина и др., 2008).

Установлено увеличение общего содержания пирувата (P<0,05) на фоне снижения (P<0,01) свободного тиамин в печени бычков (табл. 12). Этот эффект может быть обусловлен повышением активности пируватдегидрогеназного комплекса. Следовательно, механизм действия пропиленгликоля в данном случае связан с его участием в регуляции интенсивности цикла трикарбоновых кислот за счёт изменения концентрации пирувата

Увеличение живой массы связано с изменением массы мышечной, жировой и костной тканей. От их соотношения в составе туши зависит качество получаемой говядины. Во II группе при равном убойном выходе повысилась масса туши на 4,1%. Как и в ранее

рассмотренном опыте с кормовой добавкой, содержащей пропиленгликоль, в тушах подопытных бычков повысилась доля мякоти (на 2,66 %), что позволило получить её от каждого бычка дополнительно по 10,1 кг при снижении содержания в туше костей на 1,14 %. Коэффициент мясности повысился с 3,25 в контрольной группе до 3,83 в опытной. Аналогично результатам предыдущего опыта пропиленгликоль способствовал также и снижению содержания внутреннего жира в туше (табл. 13)

Таблица 12. Содержание пирувата в печени бычков при скармливании пропиленгликоля в дозе 250 мл в заключительный период откорма (M±m, n=4)

Показатели	Группы	
	I (контроль)	II
Концентрация, мкг/г:		
тиамин,	50,6 ±3,6	25,4 ±2,8**
пируват	12,2±1,0	14,7 ±1,1
Тотальное содержание, мг:		
тиамин	279±16	163 ±18**
пируват	68,6 ±5,0	90,9± 6,3*

Примечание: *P<0,05, **P<0.01 по t- критерию при сравнении с контролем.

Таблица 13. Результаты контрольного убоя во второй серии опытов в заключительный период откорма (M ± m, n = 4)

Показатели	Группы		% к контролю
	Контроль	Опыт	
Масса туши, кг	192,0±3,6	200,0±2,2	104,1
Убойный выход, %	54,7±0,4	54,7±0,2	100,0
Количество мякоти в туше, кг	146,8±3,4	159,3±3,5	108,5*
Количество мякоти в туше, %	76,4±0,4	78,3±1,2	102,5
Количество костей в туше, кг	45,2±0,6	42,1±2,1	93,1
Количество костей в туше, %	23,6±0,4	22,7±0,7	96,32
Отношение мяса/кости	3,25±0,08	3,83±0,29	117,8
Количество внутреннего жира в туше, кг	14,4±0,6	11,6±0,7	80,9*
Дополнительно получено мякоти, кг	-	10,09	

Мясо бычков опытной группы характеризовалось выраженной мраморностью. Известно, что мраморность мяса обуславливает хорошую сочность, нежность и высокие вкусовые качества говядины. По данным проведенных анализов, в образцах длиннейшей мышцы спины у бычков, получавших пропиленгликоль, на 0,94% было ниже содержание влаги и на 18,6% выше процент сырого жира. В образцах средней пробы мякотной части туши у бычков опытной группы на 1,73% было ниже содержание влаги и на 4,16% выше содержание сырого жира по сравнению с контролем. Эти данные свидетельствуют о лучшем качестве говядины, полученной от животных опытной группы. У бычков опытной группы при меньшем потреблении протеина на единицу прироста ЖМ отмечено повышение интенсивности роста и наращивания мышечной массы. Достигнутый зоотехнический эффект явился следствием метаболических эффектов применения добавки пропиленгликоля – снижения окислительных процессов и увеличения синтеза глюкозы в организме бычков.

Заключение

На основании полученных данных можно сделать заключение, что при среднем уровне протеинового и энергетического питания потребность организма бычков в глюкозе может быть в достаточной мере обеспечена за счет процессов глюконеогенеза из пропионата и заменимых аминокислот без существенного снижения эффективности использования

питательных веществ рациона. При дальнейшем повышении мясной продуктивности за счет увеличения протеинового питания обеспеченность организма животных глюкозой может быть одним из факторов, лимитирующих эффективность использования аминокислот на биосинтез белков тела. Применение в рационах бычков пропиленгликоля в качестве глюкогенной кормовой добавки биологически целесообразно, т.к. повышает эффективность использования корма на биосинтез мышечных белков, что в конечном итоге обеспечивает увеличение в туше бычков количество мяса и повышает качество говядины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болдырева Е. Новый источник энергии для коров // Животноводство России. – 2004. – № 6. – С. 18-19.
2. Воловников В.В., Матвеев В. А., Баранова И.А. Функциональная активность инсулярного аппарата поджелудочной железы у бычков при введении в рацион пропиленгликоля // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2007. – № 2. – С. 80 -89.
3. Воловников В.В., Матвеев В.А., Харитонов Е.Л. Параметры обмена веществ и мясная продуктивность бычков при введении в рацион пропиленгликоля // Известия ТСХА. – 2007. – № 3. – С. 124-127.
4. Галочкина В.П. Определение активности пируваткарбоксилазы // В кн.: Методы биохимического анализа. – Боровск: ВНИИФБиП, 1997, С. 240-249.
5. Галочкина В.П.. Продуктивность интенсивно откармливаемых бычков и качество производимой продукции в зависимости от скорости деградируемости крахмалов в преджелудках // Зоотехния. – 2006. – № 11. – С 12-14.
6. Галочкина В.П., Сухих В.Ф., Дудин В. И., Максименко С.В., Галочкин В.А. Продуктивность, неспецифическая резистентность и метаболизм пировиноградной кислоты у бычков при скармливании различных доз пропиленгликоля // Проблемы биологии продуктивных животных. 2008. – № 2. – С. 33-46.
7. Коровяцкий А.М., Матвеев В.А., Галочкина В.П., Дворецкая Т.Н. Влияние комплексной кормовой добавки на концентрацию глюкозы, инсулина, тиреоидных гормонов и мясную продуктивность бычков // Сборник научных трудов ВНИИ физиологии, биохимии и питания с. – х. животных. – 2004. – Т. 43. – 184-196.
8. Матвеев, В.А., Галочкина В.П., Тараканов Б.В., Комкова Е.Е., Ельченинов Г.М., Назарова Т.И. Гормональный статус и показатели мясной продуктивности бычков при применении стрептофагина // Сборник научных трудов ВНИИ физиологии, биохимии и питания с.-х. животных. – 2001. – Т. 40. – С. 21- 28.
9. Мусаев Ф.А., Шелоумов Д.В. Морфологический состав туш бычков казахской белоголовой породы при скармливании в рационах глюкозы кристаллической и И-Сакка // Зоотехния. – 2013. – № 10. – С. 27 - 28
10. Калашников А.П., Фисинин В.И., Щеглов В.В., Клейменов Н.И. (Ред.). Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. – Москва: Агропромиздат?, 2003, 455 с.
11. Радченков В.П., Матвеев В.А., Аверин В.С., Бутров Е.В., Сапунова Е.Г., Сухих В.Ф. Определение потенциала функции инсулярного аппарата поджелудочной железы у молодняка крупного рогатого скота. Методические указания. – Боровск: ВНИИФБиП, 1986, 9 с.
12. Спивак М.Е. Научно-практическое обоснование использования новых биологически активных добавок и ростстимулирующих средств при производстве говядины: автореф. дисс. к.б.н. – Волгоград, 2013. – 24 с.
13. Струк А.Н., Ранделин Д.А., Бушуева И.С, Сивко А.Н. Химический состав у мяса бычков при введении в рацион новых кормовых добавок // Мат. межд. науч.-практ. конф: «Инновационные пути в разработке ресурсосберегающих технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции». – Волгоград: изд. ВолгГТУ, 2010. – С. 66-69.
14. Фомин А.А., Матвеев В.А. Функциональное состояние инсулярного аппарата, щитовидной железы и показатели мясной продуктивности у бычков при применении мочевины и пропиленгликоля в составе комплексной кормовой добавки // Сборник научных трудов ВНИИФБиП с.-х. животных. – 2005. – Т. 44. – С. 83-92.
15. Фомичев Ю.П., Никанова Л. А., Нетеча З. А., Хрипякова Е. Н., Кузнецов А. С., Таранович А. П. Применение пропиленгликоля и конъюгированной линолевой кислоты в кормлении молочных коров // Материалы четвертой международной конференции «Актуальные проблемы биологии в животноводстве». Боровск, ВНИИФБиП, 2006. – 361 с.

16. Шарвадзе Р.Л., Бабухадия К.Р., Бурмага А.В., Курков Ю.В. Включение пропиленгликоля в рационы при раздое коров // *Дальневосточный аграрный вестник*. – 2017. – № 3. – С. – 157-163.
17. Christensen J.O., Grummer R.R., Rasmussen E.E., Berdics S.J. Effect of method of delivery of propylene glycol on plasma metabolites of feed-restricted cattle // *J. Dairy Sci.* – 1997. – Vol. 80. – P. 563-568.
18. Grummer R.R., Winkler J.C., Bertics S.J., Studer V.A. Effect of propylene glycol dosage during feed restriction on metabolites in blood of prepartum Holstein heifers // *J. Dairy Sci.* – 1994. – Vol. 77. – P. 3618-3623.
19. Kim Y. K., Choi H., and Myung K. H. Effects of propylene glycol on carcass traits and its related gene expression in Korean native steers // *J. Anim. Sci.* – 2005. – Vol. 83. – P. 344-349.
20. Miyoshi S., Pate J.L., Palmquist D.L. Effects of propylene glycol drenching on energy balance, plasma glucose, plasma insulin, ovarian function and conception in dairy cows // *J. Anim. Reprod Sci.* – 2001. – Vol. 68. – No. 1-2. – P. 29-43.

REFERENCES

1. Boldyreva E. [New energy source for cows]. *Zhivotnovodstvo Rossii - Animal Husbandry in Russia*.-2004, 6: 18-19.
2. Christensen J.O., Grummer R.R., Rasmussen E.E., Berdics S.J. Effect of method of delivery of propylene glycol on plasma metabolites of feed-restricted cattle. *J. Dairy Sci.*, 1997, 80: 563-568.
3. Fomichev Yu.P., Nikanova L. A., Netecha Z. A., Khripyakova E. N., Kuznetsov A. S., Taranovich A. P. [The use of propylene glycol and conjugated linoleic acid in the feeding of dairy cows.]. *Materialy chetvertoi mezhdunarodnoi konferentsii "Aktual'nye problemy biologii v zhivotnovodstve"* (Materials of the fourth international conference: Actual problems of biology in animal husbandry). Borovsk: VNIIFBiP Publ., 2006: 361 p.
4. Fomin A.A., Matveev V.A. [The functional state of the insular apparatus, the thyroid gland and indicators of meat productivity in gobies with the use of urea and propylene glycol as part of a complex feed additive.]. *Sbornik nauchnykh trudov VNII fiziologii, biokhimii i pitaniya s. – kh. zhivotnykh*. (Proceedings of the Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of Farm Animals). Borovsk, 2005, 44: 83-92.
5. Galochkina V.P. [Determination of pyruvate carboxylase activity]. In: *Metody biokhimicheskogo analiza* (Methods of biochemical analysis). Borovsk: VNIIFBP Publ., 1997, P. 240-249.
6. Galochkina V.P. [The productivity of intensively fattened bulls and the quality of the products produced, depending on the rate of degradability of starch in the foreskins]. *Zootekhnika - Zootechnics*. 2006, 11: 12-14.
7. Galochkina V.P., Sukhikh V.F., Dudin.V. I., Maksimenko S.V., Galochkin V.A. [Productivity, non-specific resistance and metabolism of pyruvic acid in bulls when feeding different doses of propylene glycol]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology*. 2008, 2: 33-46.
8. Grummer R.R., Winkler J.C., Bertics S.J., Studer V.A. Effect of propylene glycol dosage during feed restriction on metabolites in blood of prepartum Holstein heifers. *J. Dairy Sci.*, 1994, 77: 3618-3623.
9. Kalashnikov A.P., Fisinin V.I., Shcheglov V.V, Kleimenov N.I. (Eds.). *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh. Spravochnoe posobie* (Norms and diets for feeding farm animals: reference guide). Moscow: Agropromizdat, 2003, 455 p.
10. Korovyatskii A.M., Matveev V.A., Galochkina V.P., Dvoretzkaya T.N. [The effect of complex feed additives on the concentration of glucose, insulin, thyroid hormones and meat productivity of bulls]. *Sbornik nauchnykh trudov VNII fiziologii, biokhimii i pitaniya s. – kh. zhivotnykh*. (Proceedings of the Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of Farm Animals). Borovsk, 2004, 43: 184-196.
11. Kim Y. K., Choi H., and Myung K. H. Effects of propylene glycol on carcass traits and its related gene expression in Korean native steers. *J. Anim. Sci.* 2005, 83: 344-349.
12. Matveev, V.A., Galochkina V.P., Tarakanov B.V., Komkova E.E., El'cheninov G.M., Nazarova T.I. [Hormonal status and indicators of meat productivity of bulls when using streptophagin.]. *Sbornik nauchnykh trudov VNII fiziologii, biokhimii i pitaniya s. – kh. zhivotnykh*. (Proceedings of the Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of Farm Animals). Borovsk, 2001, 40: 21-28.
13. Miyoshi S., Pate J.L., Palmquist D.L. Effects of propylene glycol drenching on energy balance, plasma glucose, plasma insulin, ovarian function and conception in dairy cows. *J. Anim. Reprod Sci.* 2001, 68(1-2): 29-43.
14. Musaev F.A., Sheloumov D.V. [The morphological composition of the bull-calves carcasses of the Kazakh white-headed breed when fed in the diets of crystalline and I-Sakka glucose]. *Zootekhnika - Zootechnics*. 2013, 10: 27-28.

15. Radchenkov V.P., Matveev V.A., Averin V.S., Butrov E.V., Sapunova E.G., Sukhikh V.F. *Opređenje potentsiala funktsii insulyarnogo apparata podzheludochnoi zhelezy u molodnyaka krupnogo rogatogo skota. Metodicheskie ukazaniya* (Determination of the potential of the function of the insular apparatus of the pancreas in young cattle. Methodical instructions). Borovsk: VNIIFBP Publ., 1986, 9 p.
16. Sharvadze R.L., Babukhadiya K.R., Burmaga A.V., Kurkov Yu.V. [The inclusion of propylene glycol in the rations for cows at the beginning of lactation]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik - Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2017, 3: 157-163.
17. Spivak M.E. *Nauchno-prakticheskoe obosnovanie ispol'zovaniya novykh biologicheskii aktivnykh dobavok i roststimuliruyushchikh sredstv pri proizvodstve govyadiny* (Scientific and practical rationale for the use of new dietary supplements and growth-stimulating agents in the production of beef). Extended Abstract of Diss. Cand. Sci. Biol., Volgograd, 2013, 24 p.
18. Struk A.N., Randelin D.A., Bushueva I.S, Sivko A.N. [The chemical composition of bull meat with the introduction of new feed additives in the diet]. *Mat. mezhd. nauch.-prakt. konf: «Innovatsionnye puti v razrabotke resursosberegayushchikh tekhnologii proizvodstva i pererabotki sel'skokhozyaistvennoi produkcii»* (Innovative ways in the development of resource-saving technologies for the production and processing of agricultural products). Volgograd: VolgGTU Publ., 2010, P. 66-69.
19. Volovnikov V.V., Matveev V.A., Baranova I.A. [The functional activity of the insular apparatus of the pancreas in gobies with the introduction of propylene glycol into the diet]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology*. 2007, 2: 80-89.
20. Volovnikov V.V., Matveev V.A., Kharitonov E.L. [Metabolism parameters and meat productivity of bulls when propylene glycol is introduced into the diet.]. *Izvestiya TSKhA - Bulletin of Timiryazev Agricultural Academy*. 2007, 3: 124-127.

Productive and metabolic effects of propylene glycol additive in intensive growing bulls

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

*Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition -
Branch of .Ernst Federal Science Center of Animal Husbandry,
Borovsk, Kaluga oblast, Russian Federation*

ABSTRACT. The aim of the work is to study the effect of propylene glycol (PG) as feed supplement on the metabolic parameters and productive traits in intensively growing bulls of the Kholmogor breed in two series of experiments. In the first series, the experience with the use of PG as part of a complex feed additive was conducted on two groups of bulls, 5 animals each, with an initial LW 286±8 and 287±6 kg in groups I and II of, respectively. For two months, animals of the I (control) group received 500 g of sunflower meal in addition to the feed, and bulls of group II – 300 g of a complex feed additive consisting of 180 g of corn meal, 30 g of urea, 30 g of PG and 45 g of wheat bran. In the control group, nitrogen intake with feed was 143.0±3.4 g per day, and in the experimental group 136.5±2.0 g, i.e. 10.2% of the nitrogen in the diet was represented by urea. In the second series, the experiment with the use of different doses of PG was carried out in the period from 8 to 13 mo of age on three groups, 3 animals each, I group, control, without the addition of PG. In the first period of the experiment, bulls of II and III groups received 80 and 160 g PG per day, respectively. In the second period, the daily dose of PG was 200 ml in II group, and 250 ml in III group. The duration of the first period of experience was 41 days, 42 days the second, 54 days the third. In the third period, the level of crude protein in the dry matter of the diet was increased to 14.2% due to the introduction of soybean meal into the composition of the feed. In II group, PG was added to the feed at a dose of 250 g per day at each feeding. In the first series of experiments, the average daily LWG of bulls in the control and experimental groups was the same (1172±60 and 1175±66 g). In the second series of experiments, feeding PG at a dose of 250 ml provided an increase by 15.1% ($P<0.05$) of the average daily LWG, which amounted to 1537±32 g in the experimental group against 1335±67 g in the control group. In bulls of the experimental group compared to the control, the weight of the carcass was 4.1% more, the amount carcass flesh was 8.5% more ($P<0.05$), the ratio of flesh to bones was 17.8% and less than 19.1% ($P<0.05$) of internal fat in the carcass. An increase in the total content of pyruvate ($P<0.05$) was established against the background of a decrease ($P<0.01$) of free thiamine in the bulls liver. This effect may be due to an increase in the activity of the pyruvate dehydrogenase complex, and the mechanism of action of PG is associated with its participation in regulating the intensity of the tricarboxylic acid cycle due to changes in the concentration of pyruvate. Concluded that long-term use of PG in the diet for intensively growing bulls does not have a negative effect on metabolic processes, contributes to an increase in the intensity of growth and to an improvement in the meat quality.

Keywords: cattle feeding, growing bulls, dietary supplements, propylene glycol, metabolic status, growth rate, meat quality

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of biology of productive animals, 2019, 2: 64-77

Поступило в редакцию: 08.05.2019 Получено после доработки: 22.05.2019

Обвинцева Ольга Витальевна, н.с., к.б.н. obvintseva.olga@yandex.ru

Галочкина Валентина Петровна, с.н.с., д.б.н.

Галочкин Владимир Анатольевич, в.н.с., д.б.н.