

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ФИЗИОЛОГИИ, БИОХИМИИ И ПИТАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
ЖИВОТНЫХ

**ТРУДЫ**

**ВСЕРОССИЙСКОГО  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА ФИЗИОЛОГИИ,  
БИОХИМИИ И ПИТАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
ЖИВОТНЫХ**

*Том XLV*



*ВНИИФБиП с.-х. животных*

Боровск, 2006

УДК 636.084:577.1:579.6 : 636.082.4

**ББК 45/46+28.9**

Т 78

**Труды Всероссийского научно-исследовательского института физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных. Сборник экспериментальных статей.** Боровск, 2006, т.45, 236 с.

**Редакционная коллегия:** Матвеев В.А., Тараканов Б.В., Черепанов Г.Г.

**Адрес:** 249013 Боровск, Калужской области, ВНИИФБиП

Телефон: (095) 546-34-15

Факс: (08438) 4-20-88

ISBN 5-901656-10-5

© Коллектив авторов

© ВНИИФБиП с.-х. животных

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Г.Г. Черепанов, В.Б. Решетов, В.И. Агафонов</b> К вопросу о надежности косвенной оценки окислительных потерь основных субстратов с использованием данных респирационных измерений .....	6
<b>Е.Л. Харитонов, В.И. Агафонов, Л.В. Харитонов, В.А. Матвеев</b> Практическая проверка усовершенствованных норм питания лактирующих коров.....	19
<b>Е.В. Пакош</b> Зависимость между содержанием общего белка, его казеиновой фракции и термостабильностью молока по стадиям лактации и при разной продуктивности животных.....	33
<b>В.Б. Решетов</b> Содержание энергии в химусе и ее эндогенные поступления в просвет пищеварительного тракта у коров.....	41
<b>З.Н. Макара, М.И. Сапунов, Р.И. Корнеева, И.А. Бояршинов, Г.Г.Черепанов</b> Особенности метаболизма и молокообразования у коз при нагрузке инсулином в условиях поддержания нормогликемии .....	55
<b>А.А.Фомин, В.А.Матвеев</b> Влияние мочевины на концентрацию инсулина и глюкозы в крови бычков .....	66
<b>И.А. Баранова, В.А. Матвеев</b> Использование метода функциональных нагрузок для оценки активности инсулярного аппарата поджелудочной железы бычков холмогорской и герефордской пород .....	74
<b>В.П. Галочкина</b> Влияние факторов питания на интенсивность роста и качество продукции бычков, выращиваемых на мясо.....	85
<b>В.Ф. Сухих, В.П. Галочкина</b> Влияние кормов с низкой распадаемостью протеина в рубце на показатели неспецифической резистентности и продуктивность откармливаемых бычков .....	108
<b>В.П. Радченков, Е.Е. Комкова, Е.В. Бутров</b>	

Влияние условий кормления на продуктивность и уровень гормонов в крови крупного рогатого скота .....	115
<b>В.А. Езерский, Л.Б. Иванова, В.Г. Шевченко</b> Создание генно-инженерной конструкции на основе регуляторных элементов гена $\beta$ -лактоглобулина быка и структурного гена лактоферрина человека .....	121
<b>Б.В. Тараканов, Т.А. Николичева, В.В. Алёшин, Л.Л. Полякова</b> Микрофлора кишечника и зоотехнические показатели откорма цыплят-бройлеров при применении нового пробиотика микроцикола.....	138
<b>Н.С.-А. Ниязов, К.Т. Еримбетов</b> Обогащение незаменимыми аминокислотами низкопротеиновых комбикормов для свиней на откорме .....	151
<b>А.А. Петраков, Г.Г. Черепанов, Н.С.-А. Ниязов</b> О закономерностях соподчиненного роста элементов скелетно-мышечной системы у молодняка свиней .....	158
<b>Д.Е. Панюшкин</b> Динамика метаболитов липидного обмена в подкожном жире свиней в период выращивания и откорма.....	165
<b>Е.В. Пьянкова</b> Динамика заменимых аминокислот в стенке тонкого кишечника поросят разных сроков отъема .....	176
<b>Е.В. Пьянкова</b> Распределение лизина и разветвленных аминокислот в стенке тонкого кишечника поросят разных сроков отъема.....	182
<b>В.И. Дудин, Т.В. Жарова</b> Метод определения витамина С и продуктов его окисления в тканях животных.....	189
<b>В.И. Дудин, Т.В. Жарова</b> Определение связанного $\alpha$ -токоферилхинона.....	193
<b>В.И. Дудин, Т.Е. Рябых, Е.Е. Комкова</b> Тесты контроля обеспеченности свиней важнейшими витаминами.....	196
<b>Ю.А. Победнов, А.А. Мамаев, А.П. Гаганов</b> Эффективность бактерий <i>Bacillus subtilis</i> при силосовании трав .....	202
<b>А.П. Гаганов, Н.Г. Григорьев</b> Использование экструдированных кормовых концентратных смесей (ККС) из кормовых бобов, рапса и ячменя в рационах молочного ско-	215

та.....	
<b>С. И. Кононенко</b>	
Переваримость питательных веществ у свиней при использовании в составе рационов ферментных препаратов.....	225
<b>А.Е. Чиков</b>	
Влияние премикса с трилоном Б на обмен минеральных веществ и продуктивность свиней .....	228
<b>А.Е. Чиков, С.И. Кононенко</b>	
Выращивание молодняка свиней на рационах с различным содержанием цинка .....	232

## **К ВОПРОСУ О НАДЕЖНОСТИ КОСВЕННОЙ ОЦЕНКИ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ОСНОВНЫХ СУБСТРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ РЕСПИРАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

*Г.Г. Черепанов, В.Б. Решетов, В.И. Агафонов*

*В статье проанализированы возможные источники погрешностей и описана модифицированная расчетная модель для оценки составляющих теплопродукции и величины суточного окисления основных групп субстратов у лактирующих коров.*

### **Введение**

Научно-теоретической основой новых систем питания продуктивных животных, разрабатываемых в настоящее время в развитых странах мира, служит количественный анализ и прогноз потоков всасывания субстратов-нутриентов, их распределения по основным направлениям использования в организме и формирования итоговых энергетических и вещественных балансов с учетом воздействия факторов внешней и внутренней среды. Принципиальная возможность создания необходимых для этого компьютеризированных системно-физиологических моделей доказана (Черепанов и др., 1994; Bannink, DeVisser, 1997; Danfaer, 2000), но для практического применения такие модели необходимо адаптировать к конкретным генотипам и условиям кормления. Для этого необходимо разрабатывать экспресс-методы и тесты, обеспечивающие получение количественных данных на интактных животных. Энергетические критерии и параметры при таком тестировании необходимы в первую очередь, так как они в интегрированной форме выражают баланс питательных веществ, подчиняющийся закону сохранения энергии. В работах лаборатории энергетического обмена ранее было предложено оценивать количество трех групп субстратов, окисляющихся при разном калорическом эквиваленте 1 л потребляемого кислорода, с использованием расчета по дыхательному коэффициенту (ДК) и суточному выделению азота с мочой (Агафонов, 1999, 2005). Как и любое косвенное измерение, в котором используется расчетное соотношение, связывающее результаты прямого измерения с результирующим показателем, эта методика нуждается в проверке правильности и надежности. Правильность здесь означает отсутствие систематического смещения, а надежность – отсутствие неконтролируемых искажений. В технической метрологии для этих целей обычно проводят параллельные измерения с помощью независимого (референтного) метода, но если такого метода, как в данном случае, нет, то необходимо проводить расширенный логический и информационный анализ с использованием методов вычислительного моделирования. Целью работы было оценить с этих позиций границы надежности при использовании этого косвенного метода.

## Методика исследований

Для оценки окислительных потерь основных групп субстратов используют респирационные измерения, проводимые масочным методом (Надальяк и др., 1986), а также данные по балансу азота. В эксперименте измеряют объем поглощенного кислорода, объем выделенной углекислоты и количество выделенного с мочой азота. Затем расчетным путем определяют ДК и общую теплопродукцию (ТП) по количеству поглощенного кислорода с учетом измеренного значения ДК. Для оценки составляющих теплопродукции возможно использование двух вариантов расчета: 1) расчет по величине измеренного дыхательного коэффициента и 2) расчет по величине «скорректированного» ДК, как описано ниже.

*Расчет величины суточного окисления двух групп субстратов по методу 1 с использованием измеренного значения дыхательного коэффициента.*

Теплотворная способность высших жирных кислот и группы субстратов ацетат + глюкоза равна соответственно 0,0393 (в среднем для типичной для организма смеси) и 0,0154 МДж/г (при соотношении ацетата и глюкозы по массе 1:1), а дыхательный коэффициент при окислении этих двух групп субстратов равен 1,0 и 0,7 соответственно. Долю теплотерь, связанных с окислением ВЖК, в общей теплопродукции ( $a_{ВЖК}$ ) в этом варианте метода оценивают по величине измеренного в опыте общего дыхательного коэффициента, что можно сделать по графику или расчетом с использованием функции регрессии (рис. 1).

С учетом измеренной теплопродукции это дает оценку соответствующих дифференциальных потерь тепла (МДж/сут) и весового количества двух групп окисляющихся субстратов.

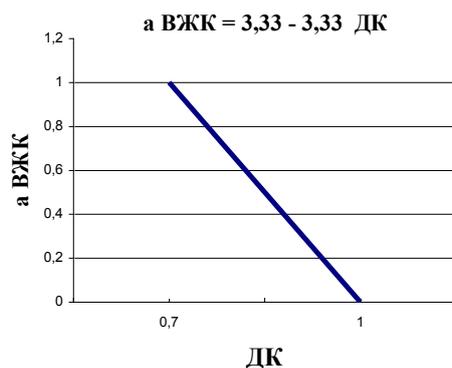


Рис. 1. Зависимость вклада теплообразования при окислении высших жирных кислот ( $a_{ВЖК}$ ) в общую величину теплопродукции (в долях) при окислении двух

групп субстратов (ВЖК и ацетат+глюкоза), различающихся по величине парциального дыхательного коэффициента.

Для численного примера примем, что окисление аминокислот у коров составляет 625 г/сут. Теплотворная способность белка при калориметрических измерениях валовой энергии равна 0,0234 МДж/кг, но в процессах обмена часть энергии выделяется с мочевиной, поэтому при расчетах парциальной теплопродукции, связанной с окислением аминокислот в организме, используется значение калорического эквивалента, равное 0,0184 МДж/г (Флатт, 1971). Таким образом, теплопродукция, обусловленная окислением аминокислот в организме, равна:  $ТП^{(2)} = 625 \times 0,0184 \text{ МДж/г} = 11,50 \text{ МДж/сут}$ . Теплопродукция, обусловленная окислением двух групп субстратов (высшие жирные кислоты и ацетат+глюкоза) равна  $ТП - ТП^{(2)} = 100 - 11,50 = 88,5 \text{ МДж/сут}$ .

*Расчет величины суточного окисления двух групп субстратов по методу 2 (с использованием скорректированного значения дыхательного коэффициента).*

В этом варианте расчета используется схема, приведенная на рис. 2. Если значение ДК при окислении аминокислот равно 0,85 и калорический эквивалент 1 л кислорода по Цунтцу-Шумбургу для данного значения ДК равен 20,36 кДж/л, то количество кислорода, поглощенного при окислении 625 г смеси аминокислот в организме, равняется  $11500 \text{ (кДж/сут)} / 20,36 \text{ (кДж/л)} = 564,8 \text{ л } O_2 / \text{сутки}$ . Количество двуокси углерода, выделившейся при этом, составляет, следовательно,  $564,8 \times 0,85 = 480,1 \text{ л } CO_2$ .

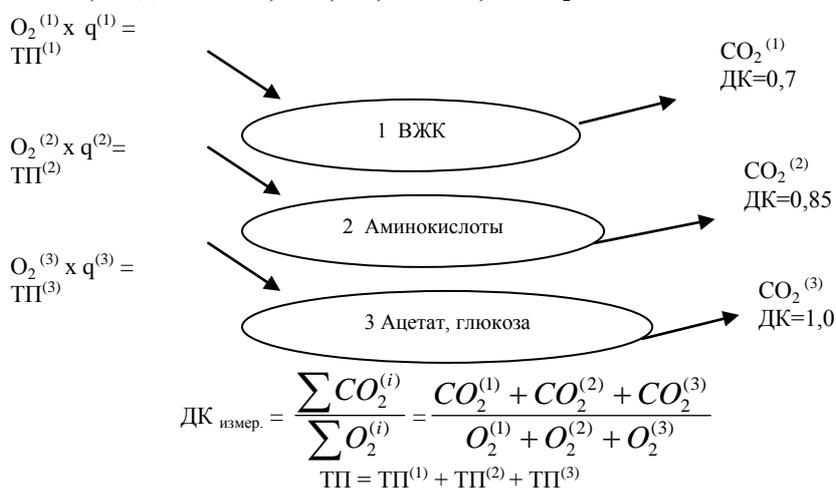


Рис. 2. Схема для расчета составляющих теплопродукции по данным респираторных измерений. Обозначения: ТП – теплопродукция, МДж/сут; ДК - дыхатель-

ный коэффициент;  $q$  – калорический эквивалент 1 л потребляемого кислорода с учетом значения ДК (по Цунтцу-Шумбургу).

Полученные значения необходимо вычесть из общего измеренного объема  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  для вычисления скорректированных значений ДК с последующим расчетом суточного окисления двух групп субстратов, различающихся по величине ДК.

### Результаты и обсуждение

С учетом измеренных значений ДК и теплопродукции при использовании метода 1 получают оценку соответствующих дифференциальных потерь тепла (МДж/сут) и весового количества окисляющихся субстратов (табл. 1).

Таблица 1. Объем окисления двух групп субстратов (ВЖК и ацетат+глюкоза) при разных значениях измеренного ДК

ДК	$a_{\text{ВЖК}}^*$	ТП <sup>(1)</sup> МДж/сут	Окисление ВЖК, г/сут	ТП <sup>(3)</sup> МДж/сут	Окисление ац+гл, г/сут
0,7	0,999	88,41	2250	0,09	0
0,75	0,833	73,68	1875	14,82	988
0,8	0,666	58,94	1500	29,56	1971
0,85	0,500	44,21	1125	44,29	2953
0,9	0,333	29,47	750	59,03	3935
0,95	0,167	14,74	375	73,76	4918
1	0,000	0,00	0	88,50	5900

Примечание:  $a_{\text{ВЖК}}^*$  – вклад в теплопродукцию процессов окисления высших жирных кислот (ТП<sup>(1)</sup>/ТП).

Как следует из табл. 2, при использовании двух методов расчета результаты оценки весового количества окисляющихся субстратов идентичны, если измеренное значение ДК = 0,85, но величина смещения растет по мере приближения к концам измеренного диапазона ДК. При малых значениях ДК весовое количество окисляющихся ВЖК оценивается с небольшим смещением, но ошибка определения количества окисляющихся субстратов ацетат+глюкоза в этой области диапазона ДК намного больше (в сторону завышения), причем эта ошибка быстро растет по мере увеличения вклада аминокислот в теплопродукцию. Наоборот, при больших значениях измеренного

ДК количество окисляющихся ВЖК при использовании первого метода существенно завышается (табл. 2, рис. 3).

**Таблица 2. Объем окисления двух групп субстратов (ВЖК и ацетат+глюкоза) при разных значениях скорректированного ДК**

ДК	q* КДж/л	Объем O <sub>2</sub> , измер. л/сут	Объем CO <sub>2</sub> , из- мер. л/сут	Объем O <sub>2</sub> , скорр., л/сут	Объем CO <sub>2</sub> , скорр, л/сут	ДК скорр.	a <sub>ВЖК</sub> скорр.
0,7	19,58	4519	3164	3955	2684	0,679	1,070
0,75	19,84	4461	3346	3896	2866	0,735	0,881
0,8	20,10	4404	3523	3839	3043	0,793	0,691
0,85	20,36	4348	3695	3783	3215	0,850	0,500
0,9	20,61	4294	3864	3729	3384	0,908	0,308
0,95	20,87	4241	4029	3676	3549	0,965	0,115
1	21,13	4189	4189	3624	3709	1,023	-0,078

Примечание: \* q – калорический эквивалент 1 л поглощенного кислорода в зависимости от дыхательного коэффициента. В таблице Цунтца-Шумбурга использована функция регрессии  $q = 3.817 + 1.23 * ДК$  (ккал/л), а в системе СИ эта функция выглядит так:  $q = 15.98 + 5.149 * ДК$  (кДж/л).

*Продолжение таблицы 2.*

ДК	ДК скорр	a <sub>ВЖК</sub> скорр	Окисление ВЖК, г/сут	Ошибка*, МДж/с	Окисление ац+гл, г/сут	Ошибка*, МДж/с
0,7	0,679	1,070	2410	161	-415	-415
0,75	0,735	0,881	1983	109	703	-285
0,8	0,793	0,691	1555	55	1826	-145
0,85	0,850	0,500	1125	0	2953	0
0,9	0,908	0,308	693	-57	4084	149
0,95	0,965	0,115	260	-115	5219	302
1	1,023	-0,078	-175	-175	6359	459

Примечание: \* разность величин, оцененных с использованием измеренного и скорректированного значений ДК.

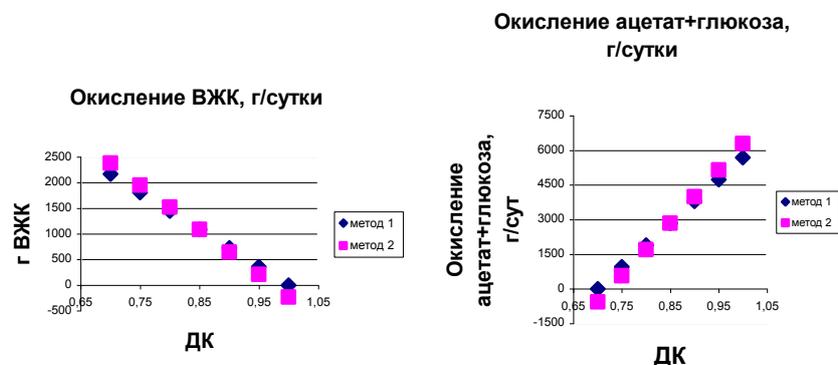


Рис. 3. Оценка количества окисляющихся групп субстратов ВЖК и ацетат + глюкоза при разных значениях измеренного дыхательного коэффициента с использованием двух методов расчета (метод 1 – использованы измеренные значения ДК; метод 2 – значения ДК, скорректированные с учетом вклада в теплопродукцию окисления аминокислот).

Поскольку скорректированные значения ДК смещены на концах диапазона, в сравнении с исходной шкалой, при использовании крайних измеренных значений ДК в методе 2 получаются отрицательные значения теплопродукции, что не имеет физического смысла. Поэтому расчетным путем можно оценить те критические значения  $ДК_{крит}$ , которые соответствуют нулевым величинам соответствующих компонентов теплопотерь (т.е. для субстратов ацетат + глюкоза при ДК, близком к 0,7, и для ВЖК при ДК, близком к 1,0) (табл. 3). Другими словами, это означает, что при вкладе окисления аминокислот в теплопродукцию, равном 22%, измеренному  $ДК = 0,96$  соответствует нулевая величина окисления ВЖК. При использовании нескорректированного измеренного значения  $ДК = 0,97$  величина окислительного расхода ВЖК при этом составит 217 г, но это не что иное, как ошибка метода (ошибка интерпретации), так как в этой ситуации в арифметическом смысле не может быть никакого окисления ВЖК.

Таблица 3. Относительная ошибка определения количества окисляющихся субстратов (ВЖК и ацетат + глюкоза) при использовании нескорректированных значений дыхательного коэффициента (ДК) и значения  $ДК_{крит}$ , соответствующие нулевому вкладу окисления этих субстратов в величину теплопродукции ( $ДК_{крит}$ ).

ДК	Ошибка, %	ДК крит.	Ошибка, %	ДК крит.
	Доля ТП <sup>(2)*</sup> = 14,6%		Доля ТП <sup>(2)</sup> = 22%	

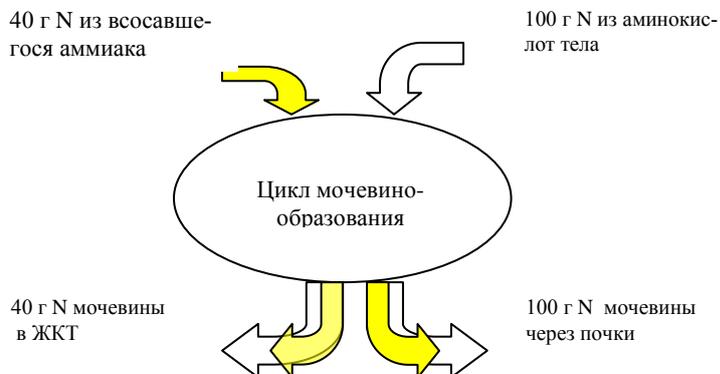
0,7	ВЖК	ац+гл	0,72	ВЖК	ац+гл	0,74
0,75	5,5	41		-12	198	
0,8	3,6	-8		-8	20	
0,85	0	0		0	0	
0,9	-8,2	4		22	-8	
0,95	44,3	6		250	-13	
1			0,98			0,96

Примечание: \* Доля теплотерь, связанных с окислением аминокислот, в общей теплотеплопродукции =  $(\text{ТП}^{(2)}/\text{ТП}) \times 100$ .

*Оценка вклада аминокислот в теплопродукцию (величины потерь аминокислот, использованных на энергетические нужды).*

Как следует из вышеизложенного, надежность метода зависит от правильности оценки вклада аминокислот в теплопродукцию. Ранее было предложено оценивать окислительные потери аминокислот у крупного рогатого скота по выведению азота мочевины с мочой (Демченко, 1972). Хотя у жвачных значительный вклад в азот мочевины вносит аммонийный азот рубцового происхождения, оценки окислительных потерь аминокислот, полученные этим методом, в первом приближении в среднем не противоречат имеющимся в литературе данным. В связи с этим возникает вопрос: за счет чего некорректный расчет может дать правильный результат? Анализ данных литературы и результаты проведенных расчетов показали, что это возможно в силу определенных соотношений в продукции и экскреции мочевины у жвачных. Использование в ЖКТ эндогенной мочевины у жвачных в среднем можно ориентировочно оценить величиной около 50%. Примерно половина азота мочевины происходит от аммонийного азота и половина – от азота аминокислот. Поэтому в среднем величина окислительных потерь аминокислот оказывается равной величине экскреции азота мочевины с мочой (рис. 4).

Вопрос состоит в том, какова ошибка определения при отклонениях параметров от вышеуказанных средних величин. Оценить ошибку можно было бы путем сопоставления расчетных данных с прямыми измерениями, проведенными в разных условиях, в том числе на разных фазах лактации, однако окислительные потери аминокислот в эксперименте оценить трудно и результаты немногочисленных исследований мало сопоставимы.



*Рис. 4. Схема и примерное соотношение потоков субстратов и продуктов цикла мочевинообразования у лактирующих коров.*

В опытах, проведенных на овцах при использовании сбалансированного рациона, по данным теста с внутривенным введением мочевины с мочой экскретировалось 60% от общего объема образующейся мочевины (Черепанов и др., 1978). При низком потреблении азота у коров и овец с мочой может выводиться лишь 10% образующейся мочевины (Thornton, Wilson, 1972). Если 30 – 40% азота мочевины происходит из аминокислот, а 65% синтезируемой мочевины экскретируется с мочой, то оценка расхода аминокислот равна 35% от объема синтеза мочевины или 54% (0,35/0,65) от азота мочевины, выводимой с мочой (Lindsay, 1982).

В модели рубца (Baldwin et al., 1987) поступление эндогенной мочевины в ЖКТ считается пропорциональным величине пула мочевины. Концентрация мочевины в моче может варьировать в пределах 8 -18 г/л (Решетов, 2002), а в крови содержится от 5 до 75 мг% азота мочевины (Cosimano, Leng, 1967). Мочевина молока (MUN) линейно связана с экскрецией азота с мочой (UN):  $UN \text{ (г/сут)} = 0.0259 (\pm 0.0006) * ЖМ(\text{кг}) * MUN \text{ (мг\%)}$  (Kauffman, St-Pierre, 2001), и зависит от величины потерь кормового протеина в рубце. Содержание мочевины в молоке положительно коррелирует с массой тела, стандартизованным по жиру удою, потреблением сырого протеина и сухого вещества, числом дней лактации и отрицательно - с суточным удою, выходом жира, потреблением сырого протеина на единицу содержания энергии, потреблением чистой энергии лактации (Broderick, Clayton, 1997).

По данным Madsen (1983), среднесуточное поглощение аминокислот в печени у овец и коров составляет 0,46 и 3,1 мкмоль/г \*мин соответственно. У взрослых животных белок не откладывается в теле, поэтому поглощенные аминокислоты дезаминируются и используются в глюконео- и кетогенезе и на окисление. У кормленых коров около 40% от поглощения аминокислот идет на окисление, в том числе 45% - в цикле Кребса и 14% на кетогенез; а у голодающих - 13, 47 и 40% соответственно.

Размеры окислительных потерь аминокислот во многом определяют эффективность использования кормового протеина. При соотношении доступного (всосавшегося) протеина к энергии 13-15 г/ МДж чистой энергии лактации, эффективность использования протеина на продукцию молочного белка составляет 0,65, а в области более высоких значений наблюдается спад до 0,45. Избыток белка используется как источник энергии или откладывается в теле, поэтому продуктивный эффект увеличенного поступления защищенного протеина у молочных коров очень сильно варьирует (Tamminga, 1992).

По данным (Parker et al., 1995), порталный поток аммиака, составляющий  $20-75 \text{ мкмоль/мин} \cdot \text{кг}^{0,75}$ , может достигать 0,65 от потребленного азота и в некоторых ситуациях превышает всасывание аминного азота. Около 25-41 % от этого потока может происходить от всасывания в кишечнике. Энциматически определенная концентрация аммиака в артериальной крови в норме близка к 0,1 ммоль/л, а при концентрации 0,7 ммоль/л животное может погибнуть. Вклад потока всосавшегося аммиака в мочевины может варьировать от 27 до 100%, хотя размах значений в определенной мере может быть связан с ошибками определения артерио-венозной разницы (Parker et al., 1995).

Между величиной катаболических потерь аминокислот и использованием аминокислот на глюконеогенез, судя по стехиометрии реакций, существует взаимосвязь, поэтому по величине вклада аминокислот в глюконеогенез можно косвенно оценить мочевинообразование из аминокислот и наоборот. При подсчете синтеза глюкозы из аминокислот некоторые авторы используют значение 30 г глюкозы/100 г протеина (Lindsay, 1982), другие – 55 г (Bruckental et al., 1980). Если принять значение равным 30 г/100 г протеина, то продукция глюкозы ( $\text{мг/мин} \cdot \text{кг}^{0,75}$ ) составит: 0,37-0,46 – у небеременных нелактирующих овец; 0,36 – у голодающих; 0,45 – 0,49 у беременных и 0,62 – 0,94 – у лактирующих (Lindsay, 1982).

В работе Riis et al. (1990) сделаны оценки использования аминокислот на глюконеогенез у коров с живой массой 600 кг и удоем 30 кг, получавших два рациона (S и F). По литературным данным общий поток глюкозы через центральный пул (плазма крови и межклеточная жидкость) в начале лактации у коров в аналогичных условиях составляет около 14 моль/сут. Глюконеогенез был оценен по разнице между общим потоком и всасыванием в кишечнике: 12,5 моль/сут в группе S и 12,7 моль/сут в гр. F. Вклад пропионата и аминокислот в глюконеогенез авторы оценили примерно одинаковым. Катаболизм аминокислот в печени у высокопродуктивных коров составляет около 10 моль/сут. Поскольку в группах S и F продуцировалось 26 и 27 молей пропионата в сутки, то катаболизм аминокислот составил 10 и 9 моль/сут, так что сумма пропионата и аминокислот составила 36 моль/сут в обеих группах. Общая скорость образования мочевины из аммиака/аммония, поглощаемых печенью, и аммиака, образующегося при катаболизме аминокислот, в цитированной работе была оценена так: если аминокислота в среднем содержит 1,3 моля азота на 1 моль, то продукция мочевины была равна  $(9 + 10 \times 1,3)/2 = 11$  моль/сут в группе S и  $(15 + 9 \times 1,3)/2 = 13$  моль/сут в группе F.

Нижняя граница вклада аминокислот в глюкозный поток в работе Bruckental et al. (1980) оценена по измерениям образования мочевины на основе следующих допущений: 1) 35% азота мочевины происходит из аминного азота и 2) 20% углерода катаболизируемых аминокислот включается в глюкозу. Максимальный вклад пропионата, лактата и глицерола в глюконеогенез в первой фазе лактации составляет у коров 50-60, 15-20 и 2-4% (Reynolds et al., 2003). Вклад аминокислот в образование глюкозы, оцененный по разнице ме-

жду общей продукцией глюкозы и расходом указанных предшественников, в этот период может составлять, как минимум, 20-30% (Overton, Waldron, 2004).

### Заключение

Проведенный анализ показал, что использование нескорректированного дыхательного коэффициента для расчета количества окисляющихся субстратов допустимо, если оно близко к значению 0,85. Если ДК < 0,85, расчетное количество окисляющихся субстратов ацетат+глюкоза получается завышенным; величина ошибки значительно увеличивается по мере увеличения вклада аминокислот в теплопродукцию. Если ДК > 0,85, завышается количество окисляющихся высших жирных кислот и эта ошибка также увеличивается по мере роста вклада окисления аминокислот в общую величину теплопродукции. Полученные данные дают основание заключить, что существующие подходы к количественному определению окислительных потерь аминокислот у продуктивных жвачных ограничиваются немногочисленными прямыми измерениями и в целом дают лишь общие ориентировочные оценки, что недостаточно с позиций разрабатываемой усовершенствованной системы питания.

Оценка окислительных потерь аминокислот у коров по выведению азота мочевины с мочой возможна в качестве первого приближения, но при вариациях в уровне потребления азота и энергии на разных фазах лактации использование этого метода может занижать или завышать действительную величину окислительных потерь аминокислот и вклад аминокислот в теплопродукцию. Для более корректной оценки с учетом физиологической вариации параметров необходимо разрабатывать дополнительные тесты, в том числе дающие оценку продукции аммиака в рубце, общей скорости мочевинообразования и скорости глюконеогенеза из основных предшественников.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Агафонов В.И. Решетов В.Б., Волобуев В.П. и др. Обеспеченность субстратами энергетических процессов при различных условиях кормления и продуктивности. Тр. ВНИИФБиП. Боровск, 1999, 38: 375-384.
2. Агафонов В.И. Потребность в энергии и совершенствование принципов нормирования в кормлении молочного скота. Дисс... д.б.н., Боровск, 2005.
3. Демченко П.В. Биологические закономерности повышения продуктивности животных. М.: Колос, 1972.
4. Надальяк Е.А. и др. Изучение обмена энергии и энергетического питания у сельскохозяйственных животных. Методические указания. – Боровск, 1986. – 56 с.
5. Решетов В.Б. (ред.) Сельскохозяйственные животные. Физиологические и биохимические параметры организма. Боровск, 2002.

6. Флат В. Современные методы исследования энергетического обмена (непрямая, или косвенная, калориметрия). *Сельское хозяйство за рубежом*, 1971, 7: 52-58.
7. Черепанов Г.Г., Жиркова И.Н., Решетов В.Б. Количественный анализ процессов интермедиарного обмена у коров (эскизная модель). *С.-х. биология*, 1994, 4: 123-134.
8. Черепанов Г.Г., Материкин А.М., Кошаров А.Н. Определение скорости образования и использования эндогенной мочевины у овец. *С.-х. биология*, 1978, 3: 436-441.
9. Baldwin R.L., Thornley J.H.M., Beever D.E. Metabolism of the lactating cow. II. Digestive elements of a mechanistic model. *J. Dairy Res.*, 1987, 54: 107-131.
10. Bannink A., DeVisser H. Comparison of mechanistic rumen models on mathematical formulation of extramicrobial and microbial processes. *J. Dairy Sci.*, 1997, 80: 1296-1314.
11. Broderick G.A., Clayton M.K. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of murea nitrogen. *J. Dairy Sci.*, 1997, 80: 2964-2971.
12. Bruckental I., Oldham J.D., Sutton J.D. Glucose and urea kinetics in cows in early lactation. *Br. J. Nutr.*, 1980, 44: 33-45.
13. Cocimano M.R., Leng R.A. Metabolism of urea in sheep. *Br. J. Nutr.*, 1967, 21: 353-371.
14. Danfaer A. A dynamic model of nutrient digestion and metabolism in lactating dairy cows. 671 Report from National Institute of Animal Science, Denmark, 1990.
15. Kauffman A.J., St-Pierre N.R. The relationship of milk urea nitrogen to urine nitrogen excretion in Holstein and Jersey Cows *J. Dairy Sci.*, 2001, 84: 2284-2294.
16. Lindsay D.B. Relationship between amino acid catabolism and protein anabolism in the ruminant. *Sci. Prod.*, 1982, 41, 9: 2550-2554.
17. Madsen A. The molecular basis of animal production: metabolism in liver cells. *Dynamic biochemistry of animal production*. Amsterdam e. a., 1983: 53-74.
18. Overton T.R., Waldron M.R. Nutritional management of transition dairy cows: strategies to optimize metabolic health. *J. Dairy Sci.*, 2004, 87: E105-E119.
19. Parker D.S., Lomax M.A., Seal C.J., Wilton J.C. Metabolic implications of ammonia production in the ruminant. *Proc. Nutr. Soc.* 1995, 54: 549-563.
20. Reynolds C.K., Aikman P.C., Lupoli B. et al. Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. *J. Dairy Sci.*, 2003, 86: 1201-1217.
21. Riis P.M., Danfaer A. et al. A model for the efficient use of new information within physiology, nutrition and breeding of dairy cows. Denmark, 1990: 5-69.
22. Tamminga S. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control, *J. Dairy Sci.*, 1992, 75: 345-357.

23. Thornton R.F., Wilson B.W. Factors affecting the urinary excretion of urea nitrogen in cattle. III. High plasma urea nitrogen concentrations. Austral. J. Agric. Res., 1972, 23: 727-734.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ НОРМ ПИТАНИЯ ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ**

*Е.Л. Харитонов, В.И. Агафонов, Л.В. Харитонов, В.А. Матвеев*

*Экспериментальная проверка эффективности нормирования питания высокопродуктивных коров с учетом субстратного обеспечения энергетических и продуктивных функций организма лактирующих коров показала, что за счет подбора кормов рациона, обеспечивающих оптимальное соотношение всасываемых субстратов, можно повысить эффективность использования обменной энергии и обменного протеина на образование молока на 5% и увеличить продуктивность на 10-15%.*

### **Введение**

На основании физиолого-биохимических исследований, проведенных во ВНИИФБиП с.-х. животных в предыдущие годы, установлено, что эффективность синтеза компонентов молока зависит от соотношения субстратов, поступающих из желудочно-кишечного тракта в метаболический фонд организма (Харитонов, 2004). Было показано, что увеличение доли высших жирных кислот (ВЖК) в составе обменной энергии (ОЭ) рациона приводит к повышению эффективности молокообразования за счет увеличения поступления в секреторные клетки молочной железы готовых предшественников для синтеза молочного жира. В частности, для коров в начале лактации и при продуктивности около 20кг молока оптимальный состав ОЭ, с учетом энергетического вклада ацетата, пропионата, бутирата, глюкозы, аминокислот и ВЖК должен быть представлен следующим их соотношением: 30; 18; 10; 8,5; 23,5 и 10%. На основании экспериментальных данных обоснованы оптимальные потребности в основных субстратах для коров, позволяющие повышать биоконверсию питательных веществ корма в молочную продукцию (Харитонов, 2004).

В данной работе стояла задача – оценить в условиях вивария института и в условиях хозяйств эффективность нового способа нормирования питания лактирующих коров, заключающегося в оптимизации рационов по количеству и качеству кормов, обеспечивающих необходимое для данного физиологического состояния образование определенного количества и соотношения конечных продуктов переваривания.

## Материалы и методы

Экспериментальная проработка поставленных задач осуществлялась методом групп-периодов в опытах на половозрелых высокопродуктивных коровах в первые месяцы лактации (30-130 день лактации) в условиях вивария института.

Исследования выполнены на коровах с канюлями рубца, двенадцатиперстной кишки, выведенной под кожу сонной артерией, с целью изучения основных этапов превращения питательных веществ корма в различных участках пищеварительного тракта, поступления их в кровь и использования в синтезе компонентов молока. Опыт проведен в четыре периода на 25, 55, 85 и 120 дне лактации. Рационы коров контрольной и опытной групп до 25 дня лактации были идентичными. В дальнейшем коровы контрольной группы получали рацион согласно норм ВНИИФБиП (Физиолог. потребн. ..., 2001), а коровы опытной группы – рацион, оптимизированный согласно новым, разработанным нами за последние годы нормам по составу обменной энергии и обменного протеина с учетом субстратной характеристики обменной энергии и аминокислотного состава обменного протеина (Харитонов, 2004). Путем подбора кормов с известными характеристиками доступности содержащихся в них питательных веществ, в рационе животных опытной группы в составе ОЭ обеспечивали большее содержание ВЖК (на 40%), аминокислот и глюкозы (на 3-5%) и меньше ЛЖК (на 8%) для достижения оптимальных между ними соотношений, обеспечивающих наиболее эффективную трансформацию в продукцию (табл.1). Коровы обеих групп получали одинаковое количество обменного протеина, но с разным составом аминокислот (табл.2), за счет подбора ингредиентов комбикорма с разной степенью распада аминокислот.

*Таблица 1. Субстраты, образованные в пищеварительном тракте коров по периодам опытов из кормов рациона (% по энергии от суммы всосавшихся субстратов)*

Периоды опыта	Образованные субстраты, %					
	ацетат	пропионат	бутират	глюкоза	аминокислоты	ВЖК
1 период - 25-й день, 140 МДж	30,61	21,86	11,85	6,80	19,71	9,17
2 период- 55-й день, контроль, 175 МДж	29,11	19,89	11,39	6,90	23,45	9,26
2 период. 55-й день, опыт, 170	26,99	18,47	11,12	7,17	24,36	11,90

МДж						
3 период - 85-й день, контроль, 186 МДж	29,49	21,12	12,10	7,48	22,47	7,33
3 период 85-й день, опыт, 173 МДж	27,05	18,98	10,87	7,35	24,17	11,59
4 период 115-й день, 173 МДж	30,81	21,15	12,32	6,35	21,77	7,59

Эффективность использования обменной энергии на синтез компонентов молока оценивали по отношению суммарной энергии субстратов, поглощенных молочной железой, к энергии, выделенной с молоком, а также по отношению энергии, выделенной с молоком, к продуктивной обменной энергии (обменная энергия – затраты на поддержание). Эффективность использования протеина корма оценивали по отношению выделенного белка с молоком к потребленному, или переваренному, или усвоенному протеину. Величину обменной энергии, переваримого и усвоенного протеина определяли в балансовых опытах. Суммарную энергию субстратов, поглощенных молочной железой, определяли по артерио-венозной разнице отдельных метаболитов и скорости кровотока через молочную железу.

*Таблица 2. Содержание незаменимых аминокислот в составе обменного белка (%)*

Аминокислоты	Контроль	Опыт	Норма
Метионин	1,53	2,03	2-2,5
Лейцин	6,94	7,09	7-8
Фенилаланин	5,00	5,67	4,5-5
Лизин	6,21	7,54	6,8-7,5
Гистидин	1,41	2,46	2,2-2,7

Для измерения живой массы коров взвешивали во время опытов один раз в 30 дней. Образцы крови сонной артерии и молочной вены отбирали пункцией сосудов до кормления, через 3 часа и через 8 ч после утреннего кормления). Для определения всасывания субстратов из пищеварительного тракта на основном рационе проведен баланс на уровне ЖКТ и 12-ти перстной кишки. Определено поступление из преджелудков сухого и органического вещества, микробного и кормового протеина, аммонийного азота, липидов, выс-

ших жирных кислот (ВЖК), крахмала, фракций клетчатки и степень их переваривания в кишечнике у коров обеих групп.

Для практической проверки разработанных нами новых способов нормирования были проведены научно-хозяйственные опыты в ПХ «Пушкинское» Нижегородской области (продуктивность 8-9 тыс. кг молока), в условиях хозяйства колхоза им. Ленина Жуковского района Калужской области (продуктивность 6 тыс. кг молока) и ОПХ «Ермолино» Боровского района Калужской области (продуктивность 4 тыс. кг молока) на двух группах коров, по 10 голов. Коровы были подобраны в группы по принципу парных аналогов: по молочной продуктивности за предыдущую лактацию, по живой массе, по срокам отела. Молочную продуктивность коров учитывали через каждые 10 дней. Опыты проводились с 30-го по 80-й день лактации. Рационы коров опытных групп были составлены по новым, разработанным нами нормам по составу обменной энергии и обменного протеина с учетом субстратной характеристики обменной энергии и аминокислотного состава обменного протеина, приведенным в табл.1 и 2 и полученным нами в физиологических опытах на оперированных животных.

#### Результаты и обсуждение

Исследования, проведенные в условиях вивария, показали, что после того, как коровы обеих групп стали получать различные рационы, молочная продуктивность у животных опытной группы стала возрастать по сравнению с контрольной. На пике молочной продуктивности удой в опытной группе составил  $28,9 \pm 0,87$  кг, а в контрольной  $27,6 \pm 1,63$  кг (4,7%). На 55-й день разница в продуктивности составила 15,7%, на 85-й-12,5%, на 115-й день при идентичных рационах разница сохранилась (12,5%) и даже на 153 день оставалась на 19,6% в пользу опытной группы (рис.1).

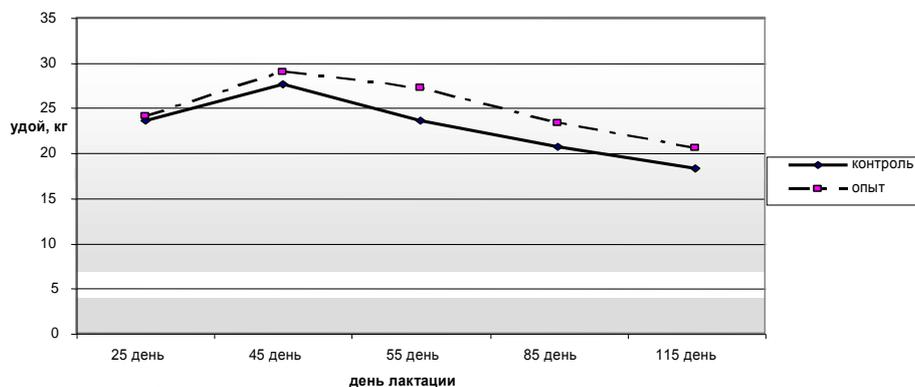


Рис.1. Молочная продуктивность коров в начале лактации

Коровы контрольной группы, в связи с дефицитом энергии, обусловленным закономерной депрессией в поедаемости корма после отела, в течение двух месяцев лактации теряли по 15 кг живой массы, а затем, когда потрепле-

ние корма стало максимальным, восстанавливали ее по 0,63кг в сут в течение третьего месяца и по 0,13кг - в четвертый. Коровы опытной группы за второй месяц потеряли всего 5,5 кг, а восстанавливали массу по 0,4кг в сут за третий месяц и по 0,06кг за четвертый (рис.2). Таким образом, динамика изменения живой массы коров опытной группы была более сглаженной.

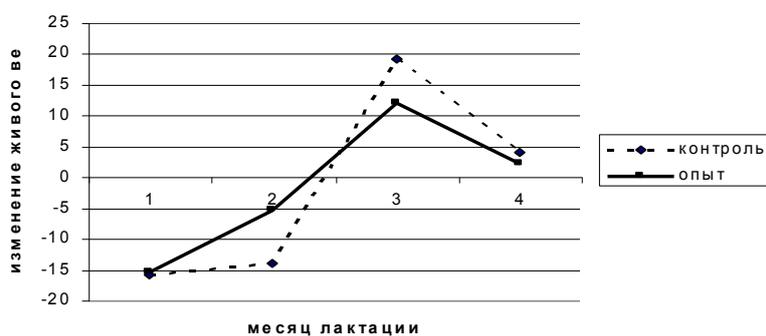


Рис.2 Динамика изменения живого веса коров в опыте

На 55-й день в крови коров обеих групп существенно возросла концентрация инсулина в сыворотке крови как после первого, так и после второго приема корма (рис. 3). Это свидетельствует об активации функциональной активности инсулярного аппарата поджелудочной железы к концу второго месяца лактации, что оказало влияние на перераспределение потоков метаболитов в инсулинзависимые органы и ткани лактирующих коров. Это перераспределение нашло свое отражение в приросте живой массы. Отмечено также существенное снижение концентрации трийодтиронина в крови коров, что свидетельствует о торможении мобилизации жировых депо. В то же время, если у контрольных животных выброс инсулина после приема корма превышал исходный уровень в 2,6 раз, то у опытных – только в 1,38 раза.

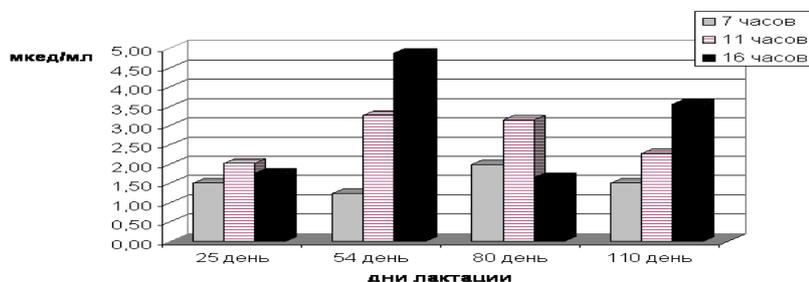


Рис. 3 Динамика концентрации инсулина в сыворотке крови коров

Указанные различия в темпах мобилизации жировых депо у коров контрольной и опытной групп связаны с разным составом обменной энергии, в основном за счет большей доли ВЖК в опытной группе. В результате в артериальной крови у них наблюдали повышенное содержание триацилглицеролов по сравнению с контрольными животными (рис.4).

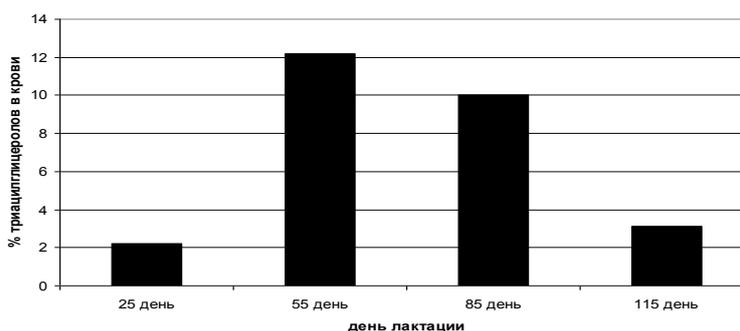


Рис. 4. Процентное отношение среднесуточной артериальной концентрации триацилглицеролов в опытной группе к контрольной.

В предыдущих исследованиях нами было выяснено, что по ходу лактации у коров снижается использование ВЖК в энергетическом обмене и увеличивается доля использования ацетата. В текущих исследованиях отмечена аналогичная закономерность по использованию этих субстратов молочной железой. В течение лактации поглощение триацилглицеролов и НЭЖК снижалось, а ацетата и бутирата увеличивалось в основном за счет изменения эффективности поглощения этих метаболитов.

За счет более равномерной мобилизации жировых депо у коров опытной группы, доля неэстерифицированных жирных кислот (НЭЖК), от суммы поглощенных молочной железой липидных компонентов, во все периоды лак-

тации была на уровне 25%, в то время как у коров контрольной группы достигала на 55 день 35%, а к 115 дню снижалась до 15% (рис.5).

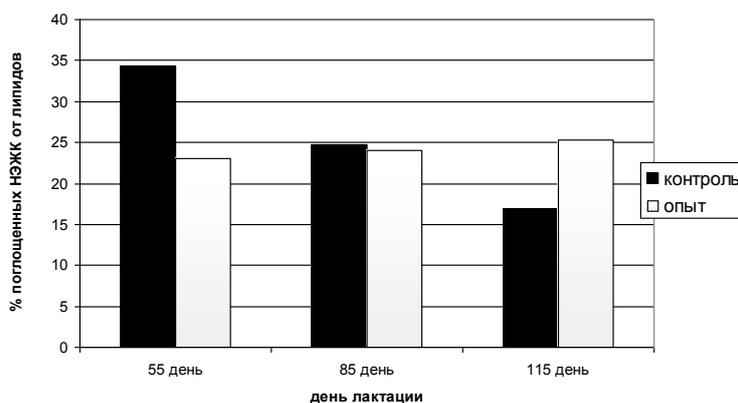


Рис.5 Относительное поглощение НЭЖК молочной железой от суммы поглощенных триацилглицеролов и НЭЖК

О торможении липолиза и активации липогенеза свидетельствует повышение дыхательного коэффициента у коров контрольной группы до 0,88 и сохранение его у коров опытной группы на уровне первого месяца лактации - 0,78.

Жирнокислотный состав молока коров контрольной и опытной групп не различался, т.к. увеличенное поглощение триацилглицеролов молочной железой у коров опытной группы компенсировалось меньшим поступлением НЭЖК и большим выделением липидов с молоком.

За счет использования в рационах коров опытной группы белковых кормов с оптимальным набором незаменимых аминокислот в нераспадаемом протеине, в химусе, поступающем в кишечник, соотношение метионина было выше на 42%, лейцина на 17%, фенилаланина на 17%, лизина на 24,6%, гистидина на 76,3% (табл.1).

Таблица 1. Содержание незаменимых аминокислот в химусе двенадцатиперстной кишки (г/100г аминокислот)

Аминокислоты	Предварительный период -25 день лактации	Контроль 25-85 день лактации	Опыт 25-85 день лактации	Заключительный период 85-15 день лактации
Метионин	1,67	1,97	2,80	2,24
Лейцин	7,94	7,47	8,75	7,60
Фенилаланин	5,38	5,33	6,37	5,47

Лизин	6,60	6,00	7,48	6,13
Гистидин	1,98	1,44	2,54	1,56

В результате этого в составе обменного белка в опытной группе концентрация этих аминокислот была также увеличена – метионина на 32,6%, лейцина на 2,1%, фенилаланина на 13,4%, лизина на 21,4%, гистидина на 74,4% (табл.2).

При одинаковом поступлении обменного белка из кормов рациона среднесуточная концентрация незаменимых аминокислот была выше в цельной крови коров опытной группы (метионина на 13,4; лейцина на 55,5; фенилаланина на 27,7; лизина на 1,3 и гистидина на 51,5%), что и обеспечило повышение производства молочного белка у коров опытной группы за 3 месяца опыта (с 25 по 115 день лактации) на 11,5%, удоя – на 13,4%, производство молочного жира – на 4,4%, белковомолочности – на 2,6%.

Эффективность использования обменной энергии на образование молока по периодам опыта составляла в контрольной группе 46,2%; 41,1% и 36,2%, а в опытной группе 55,4%, 45,4 и 40,6% (рис.6). Разница в пользу опытной группы была обусловлена более рациональным расходом субстратов в процессах межклеточного обмена (глюконеогенез, мочевинообразование и синтез компонентов молока). За счет обеспечения потребности в незаменимых аминокислотах эффективность использования азота в опытной группе достоверно возросла с 40,3 до 52,5% (протеин молока от переваренного протеина корма) во второй месяц лактации, с 38,5 до 41,2 – в третий и с 37,8 до 43,2 – в четвертый (рис.7). Следовательно, за счет оптимизации состава ОЭ и обменного протеина можно повысить эффективность использования обменной энергии и обменного протеина на образование молока, как основной продукции у лактирующих коров.

Расход концентратов за время проведения опыта составил в контрольной группе 400г на литр молока, а в опытной 330г/литр. В опытной группе также отмечено большее потребление грубых кормов на 133 г по сухому веществу.

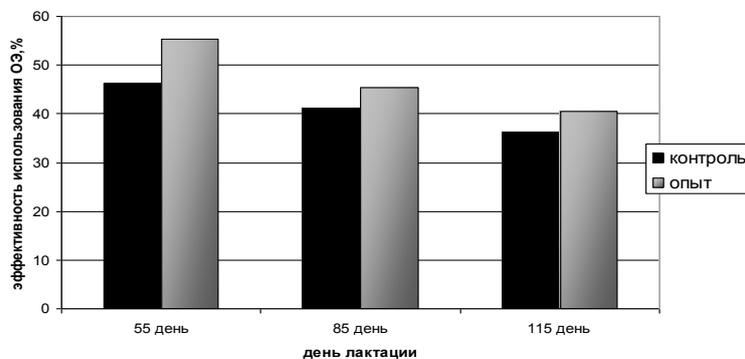


Рис. 6 Общая эффективность использования обменной энергии на образование молока

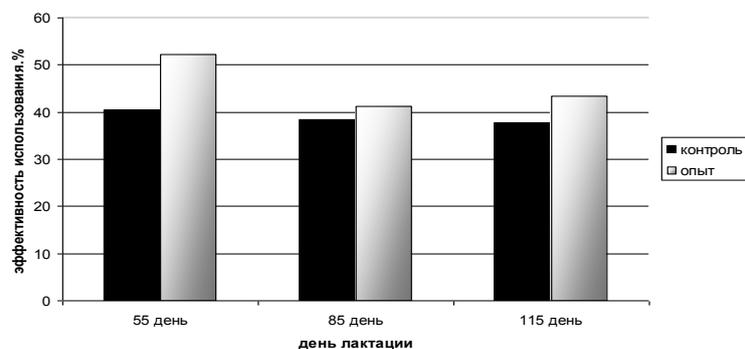


Рис. 7 Эффективность использования переваримого протеина на образование молочного белка

Таким образом, проведенная экспериментальная проверка эффективности нормирования питания высокопродуктивных коров с учетом доступности питательных веществ и оптимального состава обменной энергии и протеина показала, что такой способ нормирования позволяет повысить эффективность использования обменной энергии и обменного протеина на образование молока на 5% и увеличить продуктивность на 10-15%.

В условиях хозяйств, в результате оптимизации рационов у коров с продуктивностью выше 30кг молока, в опытной группе продуктивность увеличилась на 6,5% за весь период опыта (рис.8). Более значительно возросла в опытной группе продукция молочного жира – на 15% и белка на 11%.

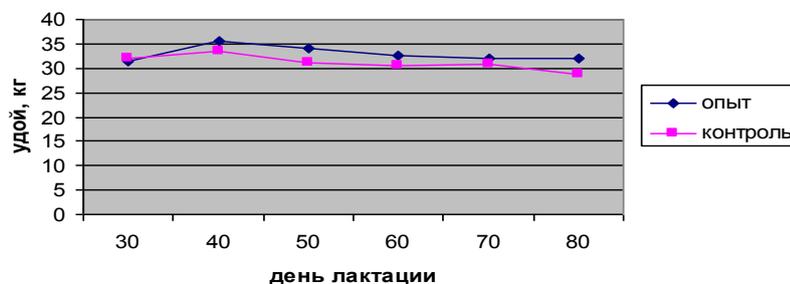


Рис.8. Динамика молочной продуктивности коров в условиях хозяйства с уровнем молочной продуктивности 8тыс.кг молока

В опытной группе величина отрицательного баланса энергии составила -13,4МДж, в контрольной группе -23 МДж. В конце опыта (80-й день лактации) в опытной группе было уже осеменено 7 коров, а в контрольной только 2.

В крови у коров опытной группы отмечено меньшее содержание, чем в контрольной, мочевины и неэстерифицированных жирных кислот (НЭЖК), что свидетельствует о более высокой эффективности использования азотистых веществ и меньшей степени мобилизации.

В условиях хозяйства колхоза им. Ленина Жуковского района Калужской области, в стаде с уровнем молочной продуктивности 8тыс. кг молока, также подтверждена высокая эффективность разработанных новых норм (рис.9). В 1-й месяц опыта не было отмечено увеличения продуктивности в сравнении с предварительным периодом, однако, учитывая снижение суточных удоев у коров контрольной группы на 2,4 кг, преимущество в величине удоев было у животных опытной группы - на 9,9 %. Это различие в продукции молока сохранилось и во второй месяц опыта, а также в течение месяца после прекращения опыта.

Через месяц после начала опыта в ОПХ "Ермолино" удой коров опытной группы повысился на 3 кг/сут, или на 15,8 % по сравнению с предварительным периодом, в то время как удой коров контрольной группы за этот же период снизился на 1,3 кг/сут, или на 5,8 % (рис. 10). В итоге разница к концу периода составила 4 кг/сут, или 22,2 %. В следующий месячный период опыта разница в суточной продуктивности коров составила лишь 0,7 кг в пользу опытной группы.

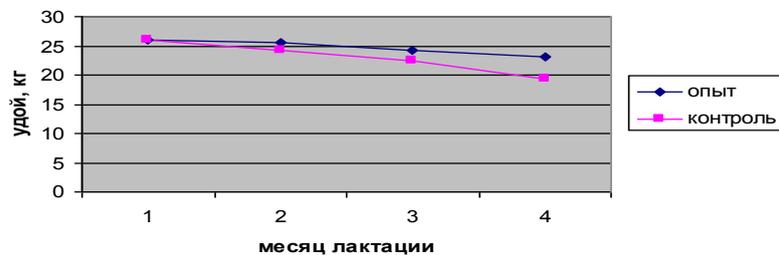


Рис. 9. Динамика молочной продуктивности коров в условиях хозяйства с уровнем молочной продуктивности 6тыс.кг молока

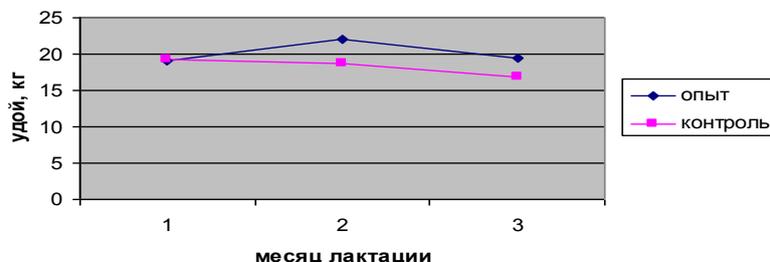


Рис. 10. Динамика молочной продуктивности коров в условиях хозяйства с уровнем молочной продуктивности 4тыс.кг молока

При анализе крови подопытных коров в ОПХ "Ермолино" через 1 и 2 месяца после начала опыта отмечено увеличение уровня свободных аминокислот у животных опытной группы, что вероятно связано с увеличением поступления аминокислот из кишечника, за счет расщепления труднодеградируемого в рубце и более полноценного протеина кормовой добавки. Содержащиеся в опытном рационе высокоэнергетические компоненты способствовали эффективному использованию аминокислот, сократив их использование на энергетические цели. Это предположение подтверждается повышенным уровнем в крови таких глюкогенных аминокислот как аспарат, глутамин и аланин, а также некоторых незаменимых аминокислот (изолейцин, фенилаланин, лизин и аргинин). Вместе с тем, у животных опытной группы снизилось относительное содержание треонина, валина и лейцина, которые в этих условиях кормления могут быть потенциально лимитирующими молочную продуктивность.

Пониженный уровень мочевины в крови коров опытной группы сви-

детельствовал об эффективном использовании азота в рубце и аминокислот на синтез белка в печени и молочной железе. Опытный рацион обеспечил также повышенное содержание глюкозы в крови коров опытной группы. Сходные изменения профиля свободных аминокислот в крови, уровня мочевины и глюкозы наблюдались у коров к-за им. Ленина в период проведения научно-производственного опыта.

Исследования лаборатории энергетического питания в этих опытах показали снижение использования жировых резервов тела у коров опытной группы за счет включения дополнительного количества ВЖК в энергетический обмен из кормовой добавки. Использование опытного рациона коровами опытной группы сопровождалось увеличением использования ВЖК в энергетическом обмене, при снижении использования ацетата, который, вероятно, был необходим для синтеза жира молока. Следует отметить, что у коров опытной группы энергозатраты относительно величины обменной энергии были выше на первом месяце лактации, чем в контроле, соответственно, на 51.17 и 43.01 %, что указывает на включение дополнительного количества ВЖК в энергетический обмен. В период 69-71 дней лактации у коров опытной группы доля теплопродукции в обменной энергии составляла 50.15 %, а в контроле – 56.80 %. Следовательно, у коров контрольной группы в период раздоя в энергетическом обмене использовался резервный жир, что повышает эффективность энергетического обмена (23-25-й дни лактации). У коров опытной группы была возможность использования ВЖК из рациона.

В период 69-71 дней лактации общая картина использования ОЭ в основном сохранилась, однако у коров контрольной группы использование ВЖК осуществлялось за счет липидов корма и их дополнительного синтеза из ЛЖК, что привело к снижению эффективности энергетического обмена: повысилась теплопродукция, снизился уровень молочной продуктивности на 1.8 кг в месяц, в то время как у коров опытной группы удой повысился на 0.6 кг/сут. Таким образом, в проведенных исследованиях подтвердилась установленная ранее динамика использования в энергетическом обмене ацетата и ВЖК. Кроме того, показана возможность регулирования кормовыми факторами использования ВЖК у новотельных коров и в период раздоя.

### **Заключение**

Таким образом, экспериментальная проверка эффективности нормирования питания высокопродуктивных коров с учетом субстратного обеспечения энергетических и продуктивных функций показала, что за счет дополнительной оптимизации рационов по соотношению ацетата, пропионата, бутирата, глюкозы, аминокислот и высших жирных кислот в составе обменной энергии и по соотношению метионина, лизина, гистидина и лейцина в составе обменного протеина можно повысить на 5% эффективность использования питательных веществ на образование молока, увеличить продуктивность на 10-15% и снизить темпы мобилизации жировых депо на 30%, что подтверждает обос-

нованность разработанного нами нового подхода к нормированию питания молочного скота на основе расчета потребности и обеспеченности животных основными субстратами и лимитирующими аминокислотами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Физиологические потребности в питательных веществах и нормирование питания молочных коров (справочное пособие). Боровск, 2001: 120с.
2. Харитонов Е.Л. Физиологическое обоснование оптимальных соотношений субстратов в составе обменной энергии для молочных коров. Научн. труды ВНИИФБиП, 2004, 43: 83-92.

### **ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ ОБЩЕГО БЕЛКА, ЕГО КАЗЕИНОВОЙ ФРАКЦИИ И ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬЮ МОЛОКА ПО СТАДИЯМ ЛАКТАЦИИ И ПРИ РАЗНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЖИВОТНЫХ**

*Е.В. Пакош*

Лаборатория пищеварения

*В опытах на коровах холмогорской породы установлена зависимость содержания общего белка и казеиновой фракции от стадии лактации и уровня молочной продуктивности. Увеличение количества общего белка в молоке в основном происходит за счет увеличения фракции сывороточных белков. Повышение казеиновой фракции зависит от дня лактации, удоя и содержания общего белка в молоке и сопровождается снижением термостабильности молока. К факторам, влияющим на термостабильность, относится и рН молока.*

#### **Введение**

Удой молока, количество и соотношение в нем составных компонентов и их свойства зависят от породы, возраста, индивидуальных особенностей, стадии лактации, условий кормления и содержания животных, от частоты доения и других факторов. Зная степень влияния этих факторов на уровень молочной продуктивности, химический состав, технологические и биологические свойства молока можно целенаправленно воздействовать на продуктивность и качество молока. Особое значение среди качественных показателей молока имеют содержание в нем белка и термоустойчивость, определяющая пригодность молока к высокотемпературной обработке. Для обезвреживания микроорганизмов молоко подвергается обязательной тепловой обработке – пастеризации или стерилизации. Однако низкая термоустойчивость молока, когда происходит легкое свертывание и образование хлопьев при нагревании

до 130-160 С<sup>0</sup>, делает его непригодным для стерилизации поточным методом, что наносит ущерб как хозяйствам-поставщикам, так и перерабатывающим предприятиям. Поэтому задача поиска факторов, с помощью которых можно было бы повысить термоустойчивость молока, является актуальной.

Выход и качество молочных продуктов зависят не только от количественного содержания белка и жира в молоке, но и от физико-химических, биологических и технологических свойств молока, а также от структуры его компонентов, которые, в свою очередь, зависят от породы, возраста, условий кормления животных и др. Следовательно, изыскать пути увеличения выхода молочных продуктов и улучшения их качества невозможно без всестороннего глубокого исследования не только молока вообще, но и отдельных его компонентов (Барабанщиков, 1980).

Термоустойчивость молока прежде всего определяется способностью казеина противостоять тепловой коагуляции, но сущность этого процесса до сих пор не раскрыта (Хаертдинов и др., 2005). В исследованиях ряда авторов показано, что термоустойчивость молока зависит от генотипа коров, периода лактации, сезона года, состава молока, его рН, содержания белка и солей кальция (Горбатова и др., 1998). Однако, все эти исследования проводились без соблюдения условий строго нормируемого протеинового питания коров, т.е. без учета белковой обеспеченности организма.

В настоящее время имеются данные, характеризующие количественное содержание некоторых компонентов в молоке, но структура и свойства этих компонентов и его технологические свойства в зависимости от зоотехнических факторов в литературе освещены недостаточно.

В связи с вышеизложенным, целью нашей работы являлось изучение изменений в содержании общего белка и его казеиновой фракции, а также термостабильности молока по дням лактации на протяжении полного ее цикла на фоне сбалансированного белкового питания коров.

### **Материал и методы**

Исследования проводились на 10 коровах холмогорской породы, содержащихся в виварии института в одинаковых условиях в течение всей лактации. Рационы коров были сбалансированы по содержанию энергии и протеина по нормам потребности, предложенным ВНИИФБиП (Физиологические потребности..., 2001). Содержание концентрированных кормов в рационе во все периоды опыта по обменной энергии было на уровне 50 процентов, но состав комбикорма был различным для животных по стадиям лактации и уровню молочной продуктивности.

В течение разных фаз лактации у коров определяли суточный удой и отбирали среднесуточные пробы молока от каждой дойки. В пробах молока исследовали: содержание общего азота (по Кьельдалю); содержание казеина (Астанин, 1951) с последующим определением белка по методу Лоури; термоустойчивость - алкогольной пробой (ГОСТ 25228-82\*); рН молока - потенциометрически на ИМП-13.

Для контроля за санитарно-гигиеническими свойствами молока, которые могут влиять на термостойкость, определяли титруемую кислотность по Кабышу (Лебедев и др., 1969).

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета компьютерных программ SPSS-for Windows.

### Результаты и обсуждение

После молозивного периода (с 10 –го по 30-й день) содержание общего белка в молоке снизилось с 3,7 до 3,0%, с 30-го по 50-й день сохранялось почти на одном уровне – 3%, а в дальнейшем с – 50-го до 120-го дня постепенно увеличилось до 3,6%. Указанная зависимость содержания белка от дня лактации, по обобщенным данным, полученным на 10 коровах в течение двух лет при одинаковых условиях питания, приведена на рис.1 ( $r^2=0,21;n=70$ ).

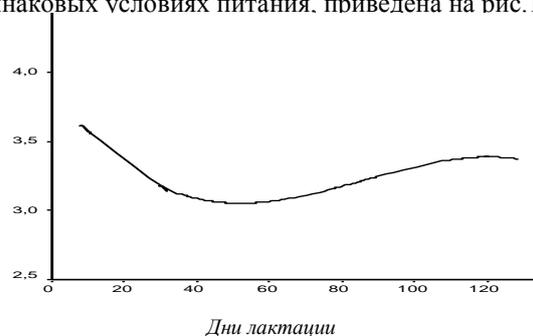
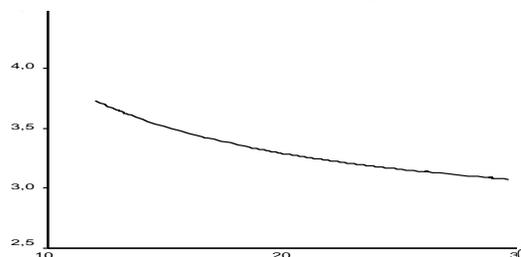


Рис.1 Зависимость содержания общего белка молока от дня лактации

Таким образом, при различном уровне молочной продуктивности, на сбалансированном по белку рационе, содержание его в молоке изменяется по дням лактации (до 120 дня). Данная кривая демонстрирует критические моменты для возможного воздействия на повышение процента белка в молоке или коррекции норм белкового питания для текущего значения содержания белка в молоке, т.к. существующие нормы составлены на средние постоянные значения.

С увеличением удоя общий белок молока снижался (рис.2, ( $r^2=0,3;n=70$ )). По нашим данным молоко с повышенным содержанием белка (3,5-3,8%) характерно для коров со средней продуктивностью (15-17 литров), а у более продуктивных животных (20-30л) уровень белка составляет 3,0-3,3%.

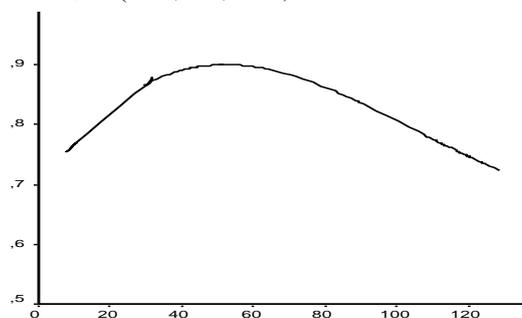


Удой, кг

Рис.2 Зависимость содержания общего белка (г/%) молока от удоя

Таким образом, содержание белка в молоке, при прочих равных условиях, зависит от уровня молочной продуктивности. Для получения от высокопродуктивных коров молока с высоким содержанием белка требуется проведение специальных исследований по изучению факторов питания, влияющих на этот важный показатель.

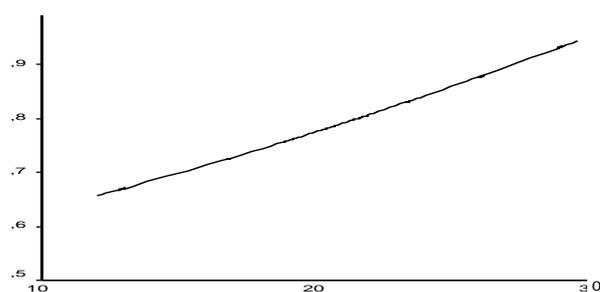
Казеиновая фракция в составе общего белка в начале лактации и после 100-го дня составила 75-80% (рис.3). Максимальной эта доля казеина была в разгар лактации (40-90 день) и составляла (85-90%), т.е. доля казеиновой фракции среди других белков молока является величиной не постоянной и зависит от дня лактации ( $r^2=0,315;n=70$ ).



Дни лактации

Рис.3. Зависимость доли казеина в общем белке молока (%) от дня лактации

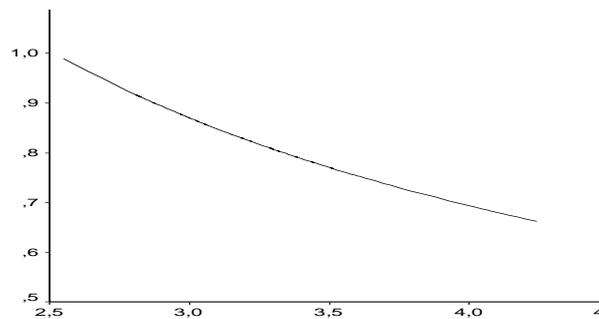
Также нами отмечено увеличение казеиновой фракции в молоке при повышении удоев (рис. 4.) ( $r^2=0;n=70$ ).



Удой, кг

Рис.4 Зависимость доли казеиновой фракции в общем белке молока (%) от удоя

При увеличении содержания общего белка в молоке обнаружена выраженная тенденция ( $r^2=0,132$ ;  $n=70$ ) к снижению содержания казеиновой фракции и, тем самым, к возрастанию доли сывороточных белков (рис.5).



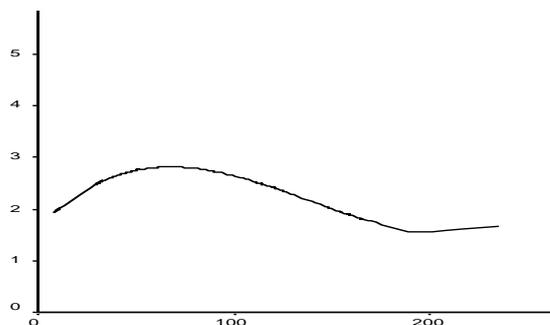
Общий белок молока (г/%)

Рис. 5. Зависимость доли казеиновой фракции в общем белке молока (%) от содержания общего белка

Проведенные исследования показали, что фракционный состав белков молока зависит от стадии лактации, уровня молочной продуктивности и содержания общего белка в молоке. Самая большая фракция – казеиновая, имеет параболическую зависимость от стадии лактации, прямую линейную зависимость от уровня продуктивности и обратную линейную от содержания белка в молоке. Последняя показывает, что возрастание процента белка в молоке происходит в основном за счет увеличения доли сывороточных белков в молоке, отличающихся по аминокислотному составу от казеиновой фракции. Это может сказаться на аминокислотной потребности молочных коров, продуцирующих молоко с повышенным содержанием белка.

Во все периоды исследований молоко по показателям титруемой кислотности соответствовало санитарным нормам, т.е. условия его получения и первичной обработки не допускали его обсеменения и развития микрофлоры и не могли влиять на термостабильность молока.

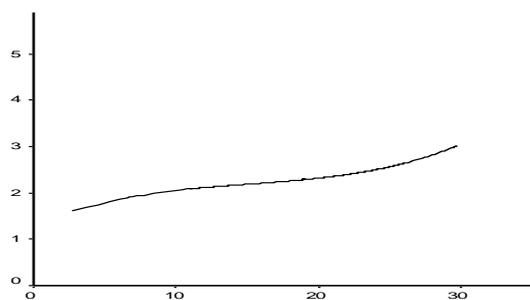
Изучение показателя термостабильности молока от стадии лактации позволило выявить, что молоко обладает большей термостабильностью (рис.6) от коров, находящихся в начале или конце лактации. Молоко имеет наивысшую категорию (по алкогольной пробе 1-2 категория) с 190-210 дней, в другие дни качество молока ухудшается ( $r^2=0,0126$ ), на что, возможно, влияет и содержание в нем в эти дни большого процента казеина.



Дни лактации

Рис. 6. Зависимость категории молока по термоустойчивости от дня лактации

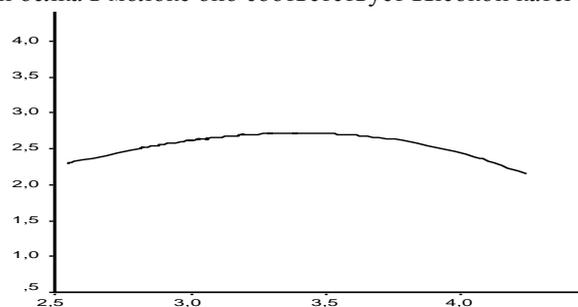
С повышением удоя качество молока ухудшается (рис.7), что связано также с увеличением в нем казеиновой фракции ( $r^2=0,059$ ).



Удой

Рис. 7. Зависимость категории молока по термоустойчивости от суточного удоя

По данным Хаертдинова и др. (2005) термоустойчивость находится в обратной зависимости от содержания общего белка в молоке. В то же время Сивкин (2004) указывает на параболическую зависимость. В наших исследованиях, при анализе широкого диапазона изменений концентраций белка в молоке, также установлена невысокая параболическая зависимость (рис.8). В самом распространенном диапазоне значений содержания белка (от 2,5 до 3,5%) его повышение сопровождается снижением термостабильности, а повышение от 3,5 до 4% – повышением. Эти данные показывают, в каких диапазонах значений белка в молоке оно соответствует высокой категории.



Общий белок (г/%)

*Рис.8. Зависимость категории молока по термоустойчивости от содержания общего белка (г/%).*

Результаты исследований показали, что качество молока ухудшается при увеличении процента казеина в молоке. При этом при повышении удоя содержание общего белка падает ( $r^2=0,297$ ;  $n=70$ ).

По нашим данным с увеличением рН молока улучшается его качество ( $r^2=0,859$ ), что не соответствует данным Кокориной (1999), но подтверждается данными Горбатова и Гунькова (1998).

Проведенные исследования показали, что при сбалансированном белковом питании содержание общего белка в молоке зависит от стадии лактации и уровня молочной продуктивности. При этом происходит изменение фракционного состава молочных белков за счет перераспределения доли казеиновых и сывороточных белков. Увеличение казеиновой фракции в молоке сопровождается снижением термостабильности, что связано, вероятно, с понижением стабильности мицелл казеина. К причинам, снижающим стабильность мицелл, можно отнести увеличение их размера и уменьшение рН молока, который может влиять на их заряд. Повышенной термостабильностью обладает молоко от коров в начале и конце лактации, и при среднем уровне молочной продуктивности.

Для улучшения термостабильности молока можно рекомендовать включать в состав рационов буферные смеси, приводящие к повышению рН молока. В связи с выявленной зависимостью между уровнем общего белка в молоке и его казеиновой фракцией следует изыскивать факторы питания, позволяющие регулировать соотношения фракций в общем белке молока с целью повышения его термостабильности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Астанин П.П. Практические занятия по биохимии. Сельхозгиз, 1951: 100с.
2. Барабанщиков Н.В. Качество молока и молочных продуктов. М, Колос, 1980: 255с.
3. Горбатова К.К, Гунькова П.И. Контроль термоустойчивости молока по содержанию ионов кальция. Молочная промышленность, 1998, 3: 22-23.
4. Кокорина Н.В. Термоустойчивость молока в зависимости от периода лактации, времени доения коров и сезона года. Автореф. канд дисс., М., 1999: 14с.
5. Лебедев П.Т., Усович А.Т. Методы исследования кормов, органов и тканей животных. Россельхозиздат, М., 1969: 475с.
6. Новая протеиновая система оценки и нормирования протеина. Боровск,

- ВНИИФБиП, 1989: 105с.
7. Сивкин Н.В. Что влияет на термоустойчивость молока. Зоотехния, 2004, 1: 30-31.
  8. Физиологические потребности в питательных веществах и нормирование питания молочных коров. (Справочное руководство), Боровск, ВНИИФБиП, 2001: 136с.
  9. Хаертдинов Р. Мухаметгалиев Н. Влияние сезона на качество и белковый состав молока. Молочное и мясное скотоводство 2004, 2: 2-4.
  10. Хаертдинов Р. Мухаметгалиев Н. Термоустойчивость молока разных пород скота. Зоотехния. 2005, 2: 28-29.
  11. Хаертдинов Р.А., Мухаметгалиев Н.Н. и др. О зависимости термоустойчивости молока от концентрации белка и генотипа коровы. С.-х. биология, 2005, 2: 60-66.

## **СОДЕРЖАНИЕ ЭНЕРГИИ В ХИМУСЕ И ЕЕ ЭНДОГЕННЫЕ ПОСТУПЛЕНИЯ В ПРОСВЕТ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА У КОРОВ**

*В.Б. Решетов*

Лаборатория энергетического питания

### **Введение**

При изучении переваривания питательных веществ и использования энергии во всем пищеварительном тракте и его отделах желательно знать степень влияния на них эндогенных поступлений в виде пищеварительных секретов. Наибольшая доля энергии от суммы всех ее эндогенных поступлений приходится на желчь – около 60 %. Кроме того, на оценку переваривания влияет трансформация в рубце и толстом кишечнике веществ корма в вещества микробной биомассы, отличающейся по составу и калорийности сухого вещества от непереваренной части корма. По сдвигам, в сравнении с контролем, в составе и калорийности сухого вещества химуса двенадцатиперстной кишки, вследствие изменения доли микробной биомассы в сухом веществе химуса, можно получить дополнительную информацию об интенсивности деятельности микрофлоры в преджелудках при разных условиях.

### **Результаты и обсуждение**

Изучение (оценка) переваривания питательных веществ и энергии корма может проводиться, в зависимости от цели исследований, как во всем пищеварительном тракте, так и в отдельных его функциональных единицах (отделах). Во втором случае обычно используют специально оперированных животных. На полученные при этом результаты оказывают систематическое влияние эндогенные поступления энергии в просвет пищеварительного тракта

с пищеварительными секретами. В связи с этим, для количественной оценки содержания энергии в пищеварительных секретах была проведена первая, аналитическая, часть исследований.

Основными секретами, поступающими в желудочно-кишечный тракт, являются слюна, сычужный сок, желчь, соки поджелудочной железы и кишечный. Для получения усредненных значений содержания энергии в секретах и расчетов возможного поступления ее в просвет желудочно-кишечного тракта у крупного рогатого скота автором были использованы материалы из ряда литературных источников (Куимов, 1961; Kolb, 1967; Хайрутдинов, 1967; Ташенов, 1969; Курилов и Кроткова, 1971; Бергнер и Кетц, 1973; Алиев, 1974; Шлыгин, 1974; Физиология сельскохозяйственных животных, 1978; Георгиевский, 1990) и собственные данные. К сожалению, данных, которые бы позволили удовлетворительно просчитать их энергетические характеристики, нет даже в фундаментальных работах. Величины, широко используемые в литературе для характеристики процессов пищеварения у жвачных, в основном получены в исследованиях на овцах.

Объем секретлируемой слюны у взрослого крупного скота колеблется от 90 до 190 л/сут (Курилов и Кроткова, 1971). При этом около 50 % приходится на околоушные, 40 – на щечные и 10 – на подчелюстные и подъязычные железы. Состав секрета желез существенно отличается. Содержание сухого вещества в слюне колеблется от 0,38 до 1,30 %. Органическое вещество слюны может составлять от 10 до 90 % сухого вещества. Понимая сложность обобщений в связи со значительными колебаниями состава слюны, мы приняли, что в 1 л "усредненной" слюны крупного рогатого скота содержится приблизительно: сухого вещества – 9,54, минеральных веществ – 8,60, органического вещества – 0,94, белка (кроме муцина) – 0,20, муцина – 0,17, мочевины – 0,39, прочих азотистых веществ – 0,17 г.

При расчете содержания энергии в слюне и других секретах использовали стандартные показатели калорийности классов веществ. При расчетах по муцину приняли, что в нем (в расчете на 1 л слюны) содержится 0,11 г белка и 0,006 г углеводов (Георгиевский, 1990). В результате расчет показал, что в 1 л слюны вышеуказанного "усредненного" состава содержится 16,7 кДж. Калорийность сухого вещества слюны при этом близка к 1,75 кДж/г. В максимальном суточном количестве слюны (190 л) будет содержаться около 3200 кДж валовой энергии.

Количество сычужного сока у коров средней продуктивности близко к 40-80 л/сут (Хайрутдинов, 1967). Содержание сухого вещества в соке колеблется от 0,82 до 1,17 %. Содержание белка в соке – 37-39 мг%, а хлоридов – 810-900 мг%. Таким образом, в 80 л сока может содержаться около 800 г сухого вещества и 30 г белка. Калорийность сухого вещества сока близка к 0,89 кДж/г. Расчеты показывают, что с 80 л сычужного сока в просвет сычуга поступает около 715 кДж валовой энергии. Это количество по сравнению с общим транзитом энергии с химусом незначительно.

По данным Джавадова (1985) и Ходжаева (1974), секреция желчи у телят составляет 44-54 мл/кг массы тела в сутки. Этот параметр принят за исходный. Усредненный состав желчи у крупного рогатого скота представляется следующим: сухое вещество – 2,5, минеральные вещества – 0,6, белок – 0,2, желчные кислоты – 1,0, билирубин – 0,2, общие липиды – 0,3, холестерин – 0,15, лецитин – 0,05 %. Калорийность препаратов чистых желчных кислот, определенная нами прямым методом, оказалась равной 31,2 кДж/г у гликохолевой и 26,0 – у таурохолевой кислот. При таком составе желчь будет иметь калорийность 586 кДж/л, сухое вещество желчи – 23,4, а органическое вещество – 31,0 кДж/г. Автором были определены содержание сухого вещества и его калорийность в желчи телят, взятой из желчного пузыря при убое. Содержание сухого вещества колебалось от 11,4 до 12,9 %, а калорийность сухого вещества оказалась близкой к 26,6 кДж/г. Совпадение фактической калорийности с расчетной оказалось вполне удовлетворительным. В печеночной желчи содержание сухого вещества существенно ниже – 1-4 %. Расчеты показывают, что у коровы с массой тела 550 кг можно ожидать выделения за сутки 27,5 л желчи с общим содержанием 688 г сухого вещества, 80-138 г липидов и 16,1 МДж валовой энергии.

По составу сока поджелудочной железы крупного рогатого скота в литературе данные очень скудные. В связи с особенностями использованных в экспериментах хирургических методов в большинстве публикаций приведены данные по составу сока поджелудочной железы с примесью желчи или кишечного сока. Объем секретиремого сока у взрослых животных близок к 7 л/сут. У телок с массой тела 250 кг, по данным Бахрамовой (1976), секреция колебалась от 50 до 270 мл/ч. Содержание сухого вещества в соке, по данным большинства исследователей, колеблется от 1 до 2 %. Однако, по данным Алиевой (1974), исследовавшей сок без примеси других секретов, уровень сухого вещества в нем существенно ниже – 0,22-0,36 %, что более реально. Содержание белка в сухом веществе сока – 30 % и более, минеральных веществ – 20 % и много более. Выделение липидов с соком пренебрежимо мало – всего до 2 г/сут. Кроме того, в соке содержится очень небольшое количество мочевины и глюкозы. Калорийность сухого вещества сока при таком составе должна быть близкой к 17,9 кДж/г. По расчетам, общее выделение сухого вещества с поджелудочным соком у коров невелико – не более 140 г, в том числе белка – около 70 г/сут. Выделение энергии с поджелудочным соком можно считать близким к 1650 кДж/сут или меньше.

Количественная оценка содержания энергии в кишечном соке затруднена из-за недостатка данных о составе и, особенно, объеме секретиремого сока (Курилов и Кроткова, 1971; Бергнер и Кетц, 1973; Георгиевский, 1990). Установлено, что в начальной части тощей кишки на 1 метр ее длины выделяется за сутки 570 мл сока с содержанием около 1 % сухого вещества и 0,28% золы. При общей длине тонкого кишечника около 40 м объем кишечного сока, вероятно, близок к 25-30 л/сут. В нем может содержаться до 300 г сухого ве-

щества, около 200 г органического вещества и около 4760 кДж валовой энергии.

В обобщенной форме поступление энергии с пищеварительными секретами в просвет желудочно-кишечного тракта у коровы с удоем 20 л/сут, по-видимому, имеет следующие характеристики (табл. 1).

В дополнение к изложенному приводим результаты сделанного нами обобщения содержащихся в литературе данных (Hungate, 1966; Hutton и Anpison, 1972; Богородская, 1975; Пиатковский, 1978; Тараканов и др., 1978; Решетов, 1998) по химическому составу сухого вещества бактерий и простейших рубца (табл. 2). При оценке этих материалов также следует учитывать значительный размах приведенных в публикациях величин. По среднему химическому составу бактерий и простейших рассчитали калорийность сухого вещества их биомассы. Для неидентифицированных веществ при расчетах брали среднюю калорийность между белками и углеводами. Калорийность нуклеиновых кислот приняли равной определенной нами прямым методом калорийности дрожжевой РНК – 14,2 кДж/г. При указанном в таблице 2 химическом составе калорийность сухого вещества биомассы бактерий близка к 21,3 кДж/г, а простейших – 19,7.

Кроме того, мы рассчитали калорийность сухого вещества смешанной (бактерии + простейшие) биомассы, поступающей из сычуга в двенадцатиперстную кишку. При среднем соотношении по сухому веществу бактерий и простейших 1,00:0,86 (Пиатковский, 1978) калорийность сухого вещества смешанной биомассы, по-видимому, близка к 20,6 кДж/г.

**Таблица 1. Поступление энергии в просвет желудочно-кишечного тракта коров с пищеварительными секретами**

Объект	Количество, л/сут	Калорийность, сухого вещества, кДж/г	Количество энергии, кДж/сут	Соотношение по количеству энергии, %
Слюна	190	1,75	3200	12,1
Сычужный сок	80	0,89	715	2,7
Желчь	27	23,4	16115	60,9
Панкреатический сок	7	17,9	1650	6,2
Кишечный сок	30	15,9	4760	18,1
Всего			26440	100,0

Анализ содержащихся в таблице 1 показателей позволил сделать заключение, что наибольшее количество энергии поступает с желчью – около 60,9 %. В связи с этим можно ожидать искажения картины транзита энергии по кишечнику после впадения желчного протока. Действительно, Беленов (1978) обнаружил у бычков прирост транзита валовой энергии с химусом в конце двенадцатиперстной кишки по сравнению с ее началом, на 14,7-18,5%.

Таблица 2. Химический состав микроорганизмов

Показатели	Бактерии	Простейшие
Сухое вещество, %	20,0	20,0
Состав сухого вещества, %		
Азот общий	8,2	6,5
Сырой протеин	51,2	40,6
Соотношение белок/нуклеиновые кислоты	4 : 1	4 : 1
Углеводы	26,8	38,4
Липиды	6	6
Минеральные вещества	7,0	7,0
Неидентифицированные вещества	5,0	5,0

По его расчетам, предполагаемая средняя калорийность органического вещества, поступившего в просвет двенадцатиперстной кишки, близка к 26,8-28,7 кДж/г. Эта величина мало отличается от определенной и вычисленной нами для сухого вещества желчи коров – 23,4-26,6 кДж/г.

При проведении исследований на оперированных (с фистулами рубца и наружными анастомозами кишечника) и интактных коровах нами был получен материал, характеризующий изменения химического состава и калорийности содержимого желудочно-кишечного тракта по мере продвижения по желудочно-кишечному тракту. Сводные данные по этому вопросу приведены в таблице 3.

Таблица 3. Химический состав и калорийность сухого вещества химуса двенадцатиперстной и конца подвздошной кишки и кала коров

Материал	n;	Содержание сухого вещества, %	Содержание в сухом веществе			
			азота, %	клетчатки, %		энергии, кДж/г
	M ± m			сырой	беззольной	
I. Животные с фистулой рубца и наружными анастомозами кишечника						
Химус двенадцатиперстной кишки	n	76	54			76
	M	4,00	4,05			17,903
	± m	± 0,9	± 0,68			± 0,251
Химус подвздошной кишки	n	13	13			13
	M	8,73	2,65			15,999
	± m	± 0,38	± 0,59			± 0,314
Кал	n	73	59	58	50	73
	M	15,8	2,25	27,53	21,26	16,694
	± m	± 0,15	± 0,59	± 0,40	± 0,40	± 0,130
II. Интактные животные						
Кал	n	158	91	92	27	158

M	15,52	2,27	27,19	19,65	16,535
± m	± 0,12	± 0,30	± 0,45	± 0,36	± 0,09

Вышеизложенные материалы послужили основой для создания метода сравнительной оценки активности процессов биосинтеза микробной биомассы по показателям химического состава химуса двенадцатиперстной кишки и калорийности его органического вещества. Эффективность метода была продемонстрирована в исследованиях по использованию коровами энергии рациона при разной распадаемости сырого протеина корма (Решетов, 1998). Метод можно использовать как самостоятельно, так и в сочетании с химическими методами определения специфических микробных метаболитов. Основанием для появления мнения о возможности такой “энергетической” оценки явилась относительно более высокая, чем у остальной части химуса, калорийность сухого вещества (или органического) микробной биомассы, поскольку содержание в ней протеина, а иногда и липидов, выше.

Из материалов таблицы 3 видно, что в конце тонкого кишечника по сравнению с началом двенадцатиперстной кишки происходит примерно удвоение содержания сухого вещества в химусе. В кале содержание сухого вещества вновь удваивается.

В начале двенадцатиперстной кишки содержание азота в сухом веществе намного выше, чем в сухом веществе рациона, вследствие непропорционального всасывания азотистых и безазотистых веществ в сложном желудке и поступления большого количества эндогенных азотсодержащих веществ в просвет пищеварительного тракта. Доля азота в сухом веществе химуса на всем протяжении кишечника постепенно убывает, причем наиболее существенное снижение отмечается при прохождении химуса по тонкому кишечнику. В результате содержание азота в сухом веществе кала на 44 % ниже, чем в сухом веществе химуса в начале двенадцатиперстной кишки. При определенных условиях (прохождение по желудочно-кишечному тракту труднорастворимого крахмала) возможно заметное поступление азота в толстый кишечник.

Калорийность сухого вещества химуса по мере прохождения по кишечнику изменяется несколько иначе. От начала двенадцатиперстной до конца подвздошной кишки отмечается снижение калорийности в среднем на 1,9 кДж/г. Однако калорийность сухого вещества кала вновь повышается на 0,7 кДж/г, очевидно, вследствие нового нарастания в химусе доли микробной биомассы.

При обсуждении изменений калорийности органического вещества химуса двенадцатиперстной кишки в зависимости от условий протеинового питания мы основывались на следующем предположении. При увеличении доли энергии, перевариваемой в сложном желудке, параллельно в преджелудках возрастает объем синтеза микробного белка. В связи с увеличением доли микробной массы происходит повышение калорийности органического вещества химуса. В основном это обусловлено более высоким содержанием в био-

массе аминокислот и нуклеиновых кислот. Содержание липидов в биомассе обычно колеблется от 3 до 9,5 %, т.е. их также может быть несколько больше, чем в непереваренной части корма. Однонаправленное влияние может оказывать и усиление секреции желчи при увеличении поступления липидов в двенадцатиперстную кишку (Бахрамова, 1976). Мы не проводили оценку влияния эндогенного поступления в желудочно-кишечный тракт азотистых веществ. Однако, судя по тому, что с химусом в кишечник нередко поступает больше азота, чем его потреблено с кормом (Хайрутдинов, 1976; Коршунов 1992), картина транспорта азота под влиянием эндогенных поступлений также искажается. В общем, при расчетах обычно условно принимают, что с сычужным соком выделяется около 10 % азота от его количества, поступающего из вышележащих отделов.

Мы не можем полностью согласиться с мнением Синещекова (1965), что химус двенадцатиперстной кишки представляет собой довольно однородную жидкость, содержащую тщательно измельченные частицы корма. В химусе, проходящем по анастомозу двенадцатиперстной кишки, постоянно наблюдается содержание целых зерен злаков и частиц грубого корма длиной до 2,5 см. При дискретном сборе химуса нами установлено очень большое различие в содержании сырой клетчатки в сухом веществе отдельных его порций. Размах составлял 7-22 %. Считаем необходимым особо указать на сложность оценки количества клетчатки, проходящей по желудочно-кишечному тракту. При непрерывном сборе и измерении количества химуса, проходящего в течение 24 часов по наружному анастомозу двенадцатиперстной кишки, в наших опытах нередко оказывалось, что транзит клетчатки с химусом меньше, чем ее выделяется за то же время с калом, что, разумеется, является артефактом. Поэтому автор считает, что у животных с анастомозами, при манипулировании на анастомозах, прохождение химуса затруднено. Особенно ярко это проявляется в замедлении эвакуации клетчатки из преджелудков. Подобное мнение о влиянии анастомозов на прохождение химуса высказывали и другие исследователи (Гальперин и Лазарев, 1986; Wenham, 1979). Синещеков (1965) вообще не обсуждал в своем традиционном ключе вопрос о транзите клетчатки. В связи с этим в отдельных исследованиях животным давали измельченные до 2,5 см грубые корма, увеличивали продолжительность сбора химуса до нескольких суток, а измерение объема химуса и отбор его проб производили с помощью автоматического устройства (Stokes et al., 1991). В плане иллюстрации вариабельности содержания клетчатки в химусе интересны данные и других исследователей. По данным Меликова (1969), среднее содержание клетчатки в химусе двенадцатиперстной кишки у коров равнялось 0,91-1,09 %, а в сухом веществе химуса – около 25 %. В опытах Новгородова (1980) содержание клетчатки в сухом веществе химуса двенадцатиперстной кишки у телок колебалось от 11.33 до 12.7 %, а в сухом веществе рациона ее содержалось 20.3-25.5 %.

Наши данные о содержании сухого вещества в химусе двенадцатиперстной кишки хорошо совпадают с данными других исследователей (Сине-

щекон, 1965; Меликов, 1969). Мы склонны к мнению, что содержание сухого вещества в химусе регулируется намного более жестко, чем содержание азота в органическом (и сухом) веществе химуса. Доля золы в сухом веществе химуса двенадцатиперстной кишки, будучи близкой в среднем к 20 %, колеблется в очень узких пределах. Об этом можно судить по величине коэффициентов вариации ряда показателей состава химуса по данным Синещекова (1965) и автора (табл. 4).

*Таблица 4. Коэффициенты вариации показателей состава химуса двенадцатиперстной кишки, подвздошной кишки и кала*

Показатели	Коэффициент вариации	
	материалы Синещекова (1965)	материалы Решетова (1998)
Химус двенадцатиперстной кишки		
Сухое вещество	12,2	19,5
Органическое вещество	15,5	
Зола	3,2	
Азот	7,2	
Содержание азота в органическом веществе	13,8	
Содержание азота в сухом веществе		122,2
Калорийность сухого вещества		12,1
Химус подвздошной кишки		
Сухое вещество		15,7
Содержание азота в сухом веществе		80,3
Клетчатка сырая		11,0
Клетчатка беззольная		13,1
Калорийность сухого вещества		7,1
Кал		
Сухое вещество		9,7
Содержание азота в сухом веществе		125,4
Клетчатка сырая		15,8
Клетчатка беззольная		9,3
Калорийность сухого вещества		6,8

При анализе материалов таблицы можно заключить, что минимальные колебания в химусе двенадцатиперстной кишки имеет содержание золы. Очевидно, это обусловлено тем, что за счет минеральных веществ создается основная часть осмотического давления химуса, стабилизация которого очень важна для нормального состояния эпителиоцитов и процессов всасывания. У химуса подвздошной кишки и кала минимальные коэффициенты вариации имеет калорийность сухого вещества, несколько большие – содержание сухого вещества и сырой клетчатки. Многократно выше, чем у других показателей, коэффициент вариации у содержания азота в сухом веществе химуса двенадцатиперстной кишки, химуса подвздошной кишки и кала.

По нашим данным, имеются различия между оперированными и интактными коровами по составу кала (табл. 3). У оперированных коров достоверно большим ( $P < 0,001$ ) было содержание в кале беззольной сырой клет-

чатки. Под последней подразумевается сырая клетчатка, определенная по Киршнеру и Ганеку, за вычетом золы. В кале оперированных коров содержалось также недостоверно больше сухого вещества и сырой клетчатки в сухом веществе. Калорийность сухого вещества у них также была недостоверно выше.

В связи с большим объемом выборок полученный материал по химическому составу и калорийности сухого вещества химуса в двенадцатиперстной и подвздошной кишках и кала оказалось возможным использовать для более глубокого статистического анализа. Для оценки характера распределения величин в имеющихся выборках мы построили гистограммы. При этом преследовалась цель уточнить, являются ли некоторые характеристики состава химуса и кала гомеостазируемыми (регулируемыми) со стороны организма и определяет ли достижение химического состава каких-то параметров переход химуса в следующий отдел желудочно-кишечного тракта или удаление кала из организма. Критерием этого, как мы считаем, может служить явная асимметричность распределения относительно зоны максимума при разбивке выборки на классы. При рассмотрении гистограмм оказалось, что определенные объяснимые закономерности распределения выборок по классам имели только показатели химуса двенадцатиперстной кишки (табл. 5-7).

Для содержания сухого вещества в химусе двенадцатиперстной кишки при явной несимметричности распределения отмечается ограничение по правому крылу (табл. 5.). Левая сторона, где сосредоточены меньшие величины, заметно более полого. По-видимому, при более высоком содержании сухого вещества возникают трудности как с прохождением химуса по кишке, в связи с возрастающей его вязкостью, так и с всасыванием продуктов переваривания, вследствие увеличения градиента осмотического давления между химусом и цитоплазмой энтероцитов. Аналогичную точку зрения по результатам опытов на собаках высказывали Гальперин и Лазарев (1986).

*Таблица 5. Содержание сухого вещества в химусе двенадцатиперстной кишки, %*

Границы класса	2,56-3,10	3,11-3,65	3,66-4,20	4,21-4,75	4,76-5,30	5,31-5,85	5,86-6,40
n	1	5	19	20	25	3	2

По содержанию азота в сухом веществе химуса двенадцатиперстной кишки отмечается аналогичная картина (табл. 6). При максимуме, приходящемся на интервал 4,05- 4,80 %, правое крыло гистограммы намного короче левого. По-видимому, этот показатель также является регулируемым со стороны организма. Цель и механизм регулирования не вполне ясны. Возможно, имеется связь с описанным Алиевым (1997) синтезом белка в стенке кишечника.

Таблица 6. Содержание азота в сухом веществе химуса двенадцатиперстной кишки, %

Границы	2,30	2,56	2,81	3,06	3,31	3,56	4,05	4,31	4,56	4,81	5,06	5,31
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	2,55	2,80	3,05	3,30	3,55	3,80	4,30	4,55	4,80	5,05	5,30	5,55
n	1	1	–	1	3	6	13	9	13	6	–	1

Напротив, для величин, характеризующих калорийность сухого вещества химуса двенадцатиперстной кишки, при максимуме наблюдений в классе 12.9-14.1 кДж/г, левое крыло значительно короче правого (табл. 7). По-видимому, в правое крыло попадают величины, полученные на животных с большим содержанием в химусе белка и липидов. Это может быть следствием как большого количества примешивающихся секретов, так и большего содержания микробной биомассы. Минимум же калорийности, в основном, ограничен калорийностью углеводов. Существенное снижение может быть лишь при примеси большого количества минеральных веществ.

Таблица 7. Калорийность сухого вещества химуса двенадцатиперстной кишки

Границы класса	8.8	10.2	11.6	12.9	14.2	15.6	16.9	18.3	19.6	20.9	22.3	23.6
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	10.1	11.5	12.8	14.1	15.5	16.8	18.2	19.5	20.8	22.2	23.5	24.9
n	2	3	17	24	10	8	2	3	4	1	1	1

По содержанию сухого вещества в химусе конца подвздошной кишки выявлена неоднородность выборки без четкой закономерности распределения. То же можно сказать и о содержании азота в сухом веществе химуса подвздошной кишки. Очевидно, что эти характеристики химуса в конце тонкого отдела кишечника уже не регулируются так жестко, как в его начале и в тощей кишке, где происходит особенно интенсивное всасывание низкомолекулярных продуктов переваривания. У калорийности сухого вещества химуса подвздошной кишки распределение членов выборки аналогично таковому у химуса двенадцатиперстной кишки. В данном случае в правое крыло, вероятно, попадали случаи, характеризующие пониженную переваримость и резорбцию белка и липидов в тонком кишечнике.

Для кала характерно ограничение содержания сухого вещества по минимуму. Очевидно, что при меньших значениях механическое раздражение стенки кишечника недостаточно, чтобы вызвать дальнейшее продвижение и затем акт дефекации. Поскольку структура каловых масс в первую очередь

определяется содержанием в кале клетчатки, то для содержания клетчатки в сухом веществе кала также характерно укорочение левого крыла распределения.

По материалам таблицы 4 можно выявить особенности рассматриваемых показателей в кале у оперированных коров по сравнению с неоперированными. У оперированных коров в кале содержалось недостоверно больше сухого вещества, а калорийность его была недостоверно выше.

При сравнении содержания в сухом веществе кала сырой клетчатки и беззольной сырой клетчатки у оперированных коров, по сравнению с интактными, отмечено укорочение левого крыла гистограммы, что, по-видимому, свидетельствует о некотором замедлении у них прохождения химуса по желудочно-кишечному тракту. Это подтверждается данными таблицы 1, иллюстрирующей достоверно большее среднее содержание беззольной сырой клетчатки в сухом веществе кала у оперированных коров.

Необходимо оговорить, что полученные нами данные по составу кала у коров несколько отличаются от величин, приведенных Цюпко (1984). По его мнению, в кале крупного рогатого скота содержится обычно 75-80 % воды, а в сухом веществе кала содержится 10-20 % сырого протеина, 3-6 сырого жира, 35-45 сырой клетчатки и 4-8 % золы. Мы считаем, что приведенные им величины содержания сухого вещества в кале и сырой клетчатки в сухом веществе применительно к коровам существенно завышены.

### **Заключение**

Знание величины эндогенных поступлений энергии в просвет пищеварительного тракта позволяет объективнее оценивать результаты опытов по определению переваримости питательных веществ и энергии во всем желудочно-кишечном тракте и его отделах. Анализ данных об энергии, поступающей с секретами в просвет пищеварительного тракта, показал, что наибольшее ее количество поступает с желчью - около 60 % от суммарных эндогенных поступлений. В связи с этим можно ожидать существенного искажения картины убыли энергии из просвета желудочно-кишечного тракта до двенадцатиперстной кишки. Вторым важным фактором является трансформация органических веществ корма в вещества микробной биомассы. Биомасса имеет более высокую калорийность сухого вещества. Увеличение ее доли в сухом веществе химуса, поступающего из желудка в кишечник, проявляется повышением калорийности сухого вещества химуса. Этот показатель может служить дополнительным при оценке объема биосинтеза микробной биомассы в рубце.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев А.А. Обмен веществ у жвачных. М., 1997.
2. Алиев А.А. Липидный обмен и продуктивность жвачных животных. М.: Колос, 1980.
3. Бахрамова Г. Влияние ацетата натрия, жира и их сочетания на секрецию желчи и панкреатического сока и всасывание липидов из пищеварительного тракта телок: Автореф. дис ... канд. биол. наук. Боровск, 1976.
4. Беленов В.Д. Обмен и использование энергии питательных веществ в желудочно-кишечном тракте бычков при откорме: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Боровск, 1978.
5. Бергнер Х., Кетц Х-А. Научные основы питания сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1973.
6. Богородская Л.И. Изучение роли рубцовых бактерий в биосинтезе липидов: Автореф. ... дис. канд. биол. наук. Дубровицы, 1975.
7. Гальперин Ю.М., Лазарев П.И. Пищеварение и гомеостаз. М.: Наука, 1986.
8. Георгиевский В.И. Физиология сельскохозяйственных животных. М.: Агропромиздат, 1990.
9. Использование питательных веществ жвачными животными. Под редакцией Б. Пиатковского. Пер. с нем. М.: Колос, 1978.
10. Каметака М. Питательная ценность эндогенных азотсодержащих соединений в пищеварительном тракте животных. Сельское хозяйство за рубежом. 1969, 11: 11–16.
11. Коршунов В.Н. Метаболизм протеина в пищеварительном тракте и использование азота жвачными животными: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: ТСХА, 1992.
12. Куимов Д.К. Секреторная деятельность сычуга, поджелудочной железы и отделение желчи у овец. Физиологический журнал СССР. 1961, 10.
13. Курилов Н.В., Кроткова А.П. Физиология и биохимия пищеварения жвачных. М.: Колос, 1971.
14. Меликов Ф.Ф. Сравнительная физиология пищеварения у коров и буйволиц: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Баку-Боровск, 1969.
15. Новгородов А.Н. Процессы пищеварения у телок при скормливании рационов с различным крахмало-протеиновым соотношением: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Дубровицы, 1980.
16. Решетов В.Б. Энергетический обмен у коров в связи с физиологическим состоянием и условиями питания. Дис. ... докт. биол. наук. Боровск, 1998.
17. Синещев А.Д. Биология питания сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1965.
18. Тараканов Б.В., Долгов И.Ф., Шавырина Т.А. Химический состав содержимого рубца и его микробных фракций при разных условиях кормления овец. Прикладная биохимия и микробиология. 1978, 14, 2.

19. Ташенов К.Т. Деятельность пищеварительных желез у лактирующих животных. Алма-Ата: Наука, 1969.
20. Физиология сельскохозяйственных животных. Руководство по физиологии. Л.: Наука, 1978.
21. Хайрутдинов Х. Сычужная секреция крупного рогатого скота. Ташкент: Фан, 1967.
22. Цюпко В.В. Физиологические основы питания молочного скота. Киев: Урожай, 1984.
23. Шлыгин Г.К. Участие желудочно-кишечного тракта в общем обмене веществ. Физиология пищеварения. Руководство по физиологии.
24. Hungate R.E. The rumen and its microbes. N-Y –London, AP. 1966.
25. Hutton K., Annison E.F. Control of nitrogen metabolism in ruminants. Proc. Nutr. Soc. 1972, 31.
26. Kolb E. Lehrbuch der Physiologie der Haustiere. Jena: G. Fischer Verlag, 1967.
27. Stokes S.R., Hoover W.R., Miller T.K. Ruminant digestion and microbial utilization of diets varying in type of carbohydrate and protein. J. Dairy Sci. 1971, 74, 3.
28. Wenham G. Effect of cannulation on intestinal motility. Ann. Rech. Vet. 1979, 10 (3/3).

### **ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЗМА И МОЛОКООБРАЗОВАНИЯ У КОЗ ПРИ НАГРУЗКЕ ИНСУЛИНОМ В УСЛОВИЯХ ПОДДЕРЖАНИЯ НОРМОГЛИКЕМИИ\***

*З.Н. Макар, М.И. Сапунов, Р.И. Корнеева, И.А. Бояришинов, Г.Г. Черепанов*  
Лаборатория физиологии и биохимии лактации

*В опыте, проведенном на лактирующих козах, установлено, что инфузия инсулина в условиях поддержания нормогликемии повышает скорость молокообразования и продукцию молочного белка в результате стимуляции кровоснабжения молочной железы и метаболической активности ее секреторных клеток.*

---

\* Исследования проведены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Калужской области, проект №04-04-97234

#### **Введение**

Актуальной задачей в области физиологии и биохимии лактации продуктивных жвачных животных является выявление и изучение факторов и

механизмов, определяющих уровень молокообразования и состав молока, с целью разработки эффективных способов повышения конверсии корма в компоненты молока. Ранее было распространено представление о том, что инсулин не играет особой роли в деятельности молочной железы (Rook, Norwood, 1970; Hove, 1978). Однако в последние годы это представление пересматривается. Так, установлено, что при внутривенных инфузиях с использованием гиперинсулино-эугликемического режима существенно повышается конверсия протеиновых добавок в белок молока, что представляет интерес и в теоретическом, и в прикладном аспектах (Bauman et al., 1988; Grinari et al., 1997; Bequette et al., 2001; Bequette et al., 2002).

Нами ранее было выявлено, что добавка соевого шрота к сбалансированному рациону в сочетании с добавкой пропионата натрия способствовала увеличению удоя, продукции белка молока и эффективности использования аминокислот в обмене веществ, в сравнении с применением одной протеиновой добавки (Макар и др., 2005). Поскольку пропионат у жвачных является основным глюкогенным субстратом и выраженным стимулятором инкретиции инсулина, возникла необходимость изучить особенности действия инсулина на метаболизм и функциональную активность секреторного эпителия молочной железы в условиях поддержания нормогликемии у лактирующих коз.

### **Материал и методы**

Опыт проведен методом периодов на пяти козах средней живой массой 38 кг, находившихся на 2-4 мес. лактации. Рацион составляли индивидуально по детализированным нормам (Калашников и др., 2003) с учетом живой массы, молочной продуктивности и включал: сено, размолотое зерно, соевый шрот (табл. 1). Опыт состоял из контрольного и основного периодов. За сутки перед началом опыта животным вживляли хронические катетеры в левую и правую яремные вены. В контрольный период животным инфузировали физраствор со скоростью 34,5 мл/ч, а затем в течение последующих двух дней – инсулин в сочетании с глюкозой со средней скоростью соответственно 12 мл/ч и 22,5 мл/ч. Инфузаты вводили в яремные вены в течение шести часов.

Инсулин вводили в дозе 2 мкг/кг живой массы в час. Для приготовления раствора инсулина к стерильному Na-фосфатному буферу (2 мМ, pH 7,4), содержащему 0,14 М NaCl, при перемешивании на магнитной мешалке добавляли 2,5% плазмы крови подопытной козы, а затем рассчитанное количество маточного раствора инсулина. Маточный раствор готовили в концентрации 1 мг/мл, растворяя навеску инсулина крупного рогатого скота в 30мМ NaCl. Начальная скорость введения глюкозы составляла 0,15 г/кг живой массы в час. С целью поддержания нормогликемии периодически с интервалом 1 ч после начала инфузии из яремной вены с помощью катетера отбирали пробы крови для определения в них содержания глюкозы и последующей коррекции скорости ее введения.

Таблица 1. Основной рацион для подопытных коз

Корма	кг	В кормах содержится:						
		СВ, г	КЕ	ОЭ, МДж	СП, г	ПП, г	Са, г	Р, г
Сено	1,8	1498	0,86	12,2	126,3	74,8	9,7	2,2
Пшеница (размол)	0,26	227	0,33	3,2	30,1	27,6	0,2	0,9
Ячмень (размол)	0,26	230	0,30	3,0	28,2	20,8	0,1	0,7
Шрот соевый	180	160	0,21	2,2	78,1	55,5	0,5	1,2
Трикальций фосфат	0,01						3,8	2,0
Поваренная соль	0,01							
Итого		2115	1,7	20,6	262,7	178,7	14,3	7,0

Примечание: СВ – сухое вещество, КЕ- кормовые единицы, ОЭ – обменная энергия, СП – сырой протеин, ПП – переваримый протеин

Для обеспечения полноты молокоотдачи, до и после введения инфузатов животным внутривенно вводили 0,25 МЕ окситоцина. В конце инфузий брали пробы крови из яремной и молочной вен, измеряли удой и отбирали пробы молока. В крови определяли содержание  $\alpha$ -аминоазота, глюкозы с помощью глюкозооксидазного метода (набор реагентов фирмы «Витал Диагностикс СПб»), триацилглицеролов посредством энзиматического колориметрического метода (набор реагентов фирмы «Витал Диагностикс СПб»), НЭЖК и инсулина (набор реактивов фирмы «ДРГ Интернешнл, Инк.»). Кровоток через молочную железу определяли расчетным путем по отношению выхода  $\alpha$ -аминоазота с белком молока к его артерио-венозной разности. В молоке определяли белок и жир.

#### Результаты и обсуждение

Как видно из таблицы 2, внутривенное введение инсулина с глюкозой не оказало заметного влияния на содержание белка в молоке, существенно понизило содержание в нем жира, стимулировало скорость молокообразования и продукцию белка, но не изменило продукцию молочного жира. Инфузия инсулина и глюкозы привела к повышению содержания этого гормона в крови

Таблица 2. Молочная продуктивность и состав молока

Показатели	Периоды опыта		
	Контрольный	Опытный	
		1-й опыт	2-й опыт
Скорость молокообразования, г/ч	64,1±7,82	79,3±4,74	84,2±4,58
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}^{\dagger}$		15,2±5,0*	20,1±6,15*
Скорость продукции белка, г/ч	1,96±0,139	2,38±0,136	2,53±0,119

$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		0,42±0,126*	0,57±0,145*
Скорость продукции жира, г/ч	3,20±0,168	3,31±0,268	3,18±0,364
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		0,11±0,234	-0,02±0,311
Белок, %	3,2±0,22	3,0±0,14	3,0±0,10
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}^{\dagger}$		-0,2±0,11	-0,2±0,12
Жир, %	5,2±0,54	4,2±0,84	3,8±0,43
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		-1,0±0,39	-1,4±0,50*

Примечания: здесь и далее  $M_{\Delta}$  - средняя разность между опытом и контролем;  $S_{\Delta}$  - стандартная ошибка средней разности. \*P< 0.05 по сравнению с контролем по парному t-критерию.

в первом и втором опытах по сравнению с контролем соответственно на 62,9 и 82% и не оказала влияния на уровень глюкозы в крови (табл.3). В условиях гиперинсулино-эугликемической нагрузки концентрация аминокислот в крови не претерпела заметных изменений, а содержание предшественников молочного жира – триацилглицеролов и НЭЖК снизилось (табл.3).

**Таблица 3. Содержание в крови яремной вены инсулина и основных предшественников молока**

Показатели	Периоды опыта		
	Контрольный	Опытный	
		1-й опыт	2-й опыт
Инсулин, мкед/мл	63,8±10,41	103,9±19,29	116,1±18,73
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}^{\dagger}$		40,0±8,99*	52,3±8,96*
Глюкоза, ммоль/л	3,04±0,169	3,2±0,434	2,98±0,233
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		0,16±0,373	-0,06±0,283
$\alpha$ -аминоазот, мг%	5,46±0,266	5,39±0,238	5,61±0,845
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		-0,07±0,135	0,15±0,195
Триацилглицеролы, мг%	12,19±3,67	8,38±1,19	8,22±0,71
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		-3,81±2,55	-3,97±3,23
НЭЖК, мг %	3,38±0,165	2,76±0,191	2,42±0,135
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		-0,62±0,066*	-0,96±0,276*

Примечания те же, что и в табл. 2.

Введение инсулина с глюкозой не оказало влияния на артерио-венозную разность и эффективность извлечения молочной железой глюкозы

из крови и понизило величину этих показателей для  $\alpha$ -аминоазота и триацилглицеролов (табл. 4, 5).

Введение инсулина в условиях поддержания нормогликемии оказало существенное стимулирующее влияние на плазмоток вымени (табл. 7), поглощение глюкозы и аминокислот молочной железой и ингибирующее влияние на поглощение триацилглицеролов (табл. 6).

В условиях данного опыта введение инсулина не оказало влияния на А-В разницу и эффективность извлечения глюкозы из крови и снизило величину этих показателей для  $\alpha$ -аминоазота, хотя продукция белка при этом была увеличена. Величины А-В разницы и эффективности извлечения обычно используют для сравнительного анализа «средства» ткани к разным субстратам, но для количественной оценки динамики одного субстрата при экспериментальных воздействиях эти показатели не всегда пригодны, так как они могут

**Таблица 4. Артерио-венозная разница концентраций в крови основных предшественников молока**

Показатели	Периоды опыта		
	Контрольный	Опытный	
		1-й опыт	2-й опыт
Глюкоза, ммоль/л	0,64±0,071	0,63±0,079	0,63±0,064
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		-0,01±0,077	-0,01±0,108
$\alpha$ -аминоазот, мг%	1,46±0,196	1,28±0,177	1,03±0,180
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		-0,18±0,06	-0,43±0,168
Триацилглицеролы, мг%	2,59±0,389	1,58±0,110	1,33±0,155
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		-1,01±0,314*	-1,26±0,303*
НЭЖК, мг %	0,33±0,031	0,08±0,050	0,05±0,021
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		-0,25±0,028*	-0,28±0,022*

Примечания те же, что и в табл. 2

**Таблица 5. Эффективность извлечения молочной железой основных предшественников молока**

Показатели	Периоды опыта		
	Контрольный	Опытный	
		1-й опыт	2-й опыт
Глюкоза, %	20,7±2,52	21,1±1,97	21,0±1,92
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		0,48±1,94	0,34±4,32
$\alpha$ -аминоазот, %	25,6±2,65	23,1±2,45	17,7±2,65
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		-2,5±1,04	-7,88±2,50*
Триацилглицеролы, %	25,4±4,46	19,9±2,31	16,0±0,69
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		-5,48±2,19	-9,32±4,91

НЭЖК, %	9,58±0,72	2,74±1,78	2,08±0,89
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		-6,84±1,17*	-7,5±0,30*

Примечания те же, что и в табл. 2

зависеть от величины кровотока: при увеличении кровотока при постоянной концентрации в крови оба показателя снижаются, а при его повышении – напротив, снижаются (Макар и др., 2003). Поэтому ранее было предложено использовать для водорастворимых низкомолекулярных соединений новый показатель - активность транспорта в клетки, выраженную в единицах константы скорости или клиренса (Черепанов и др., 2003, 2005). В данной работе было выявлено увеличение активности транспорта глюкозы и аминокислот при введении инсулина с глюкозой (табл. 7). Кроме того, мы сопоставили значения активности транспорта аминокислот и глюкозы в клетки со скоростью продукции молочного белка, используя объединенные данные по трем периодам. При этом была выявлена высокодостоверная корреляция активности транспорта с продукцией белка ( $r=0.8$ ,  $P=0,001$ ), тогда как при анализе взаимосвязи между эффективностью извлечения аминокислот из крови и продукцией белка корреляция оказалась незначимой.

*Таблица 6. Поглощение молочной железой основных предшественников молока*

Показатели	Периоды опыта		
	Контрольный	Опытный	
		1-й опыт	2-й опыт
Глюкоза, ммоль/мин	0,24±0,07	0,36±0,09	0,49±0,06
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		0,116±0,03*	0,246±0,028**
$\alpha$ -аминоазот, мг/мин	5,19±0,32	6,34±0,66	6,91±0,82
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		1,15±0,52	1,71±0,74
Триацилглицеролы, мг/мин	10,64±1,36	8,89±1,58	9,80±1,54
$M_{\Delta} \pm S_{\Delta}$		-1,76±0,30**	-0,86±0,36

Примечания те же, что и в табл. 2

Выявленная взаимосвязь активности транспорта субстратов с продукцией молочного белка позволяет предположить, что наблюдаемый продуктивный эффект был обусловлен не только более интенсивной «доставкой» субстратов к органу, но и сдвигами в параметрах, характеризующих метаболическую активность секреторных клеток. Сдвиги в активности транспорта обычно обусловлены вариациями количества транспортеров в плазматической мембране клетки, а эти вариации связаны с общей адаптацией клеточного метаболизма к изменившемуся нутритивному статусу (Shennan, Peaker, 2000; Bequette et al., 2000; Hanigan et al., 2001).

Таблица 7. Объемная скорость плазмотока и активность транспорта водорастворимых субстратов в клетки молочной железы

Показатели	Периоды опыта			Оценка эффекта <sup>+</sup>
	Контрольный M±m	Опытный, M±m		
		1-й опыт	2-й опыт	
Плазмоток, мл/мин	415±106	557±106	729±101	228±66*
Активность транспорта глюкозы, мл/мин	106±41	146±44	200±16	67,2±26,5 <sup>*)</sup>
Активность транспорта аминокислот, мл/мин	132±13	159±14	152±11	23,6±8,9 <sup>*)</sup>

Примечания: <sup>+</sup> - средняя разность при парных сравнениях с контролем ± стандартная ошибка средней разности; \* P<0.05; \*\* P<0.01 по парному t-критерию; <sup>\*)</sup> P= 0,05 по критерию знаков

Увеличение скорости молокообразования и продукции белка молока у коз при внутривенной инфузии инсулина с глюкозой согласуется с данными других авторов, проводивших опыты на коровах (Griinari et al., 1997; Mackle and Bauman 1998; Mackle et al., 2000), но физиологический механизм этого эффекта в настоящее время все еще остается не вполне ясным. Гормональный профиль крови мы не исследовали, поэтому нельзя исключить возможного участия в этой экспериментальной ситуации других гормональных факторов, в частности инсулиноподобных факторов роста. В литературе в сходных опытах было отмечено повышение концентрации в крови IGF-1, при этом уровень СТГ в крови не изменялся или снижался (McGuire et al., 1995; Leonard, Block, 1997; Mashek et al., 2001). Стимуляция кровотока и секреции молока при введении IGF-1 в артериальное русло вымени была отмечена в опытах на козах (Prosser et al., 1990), что, по-видимому, связано с регуляторными влияниями на уровне органа, так как в условиях *in vitro* IGF-1 не проявляет галактопоэтического действия (Shamay et al., 1988; Flint et al., 1994).

В отличие от молочного белка, скорость продукции жира при инфузии инсулина с глюкозой в нашем опыте не изменилась. Снижение продукции жира у коров в условиях гиперинсулино-эугликемического зажима отмечено в работе Mashek et al.(2002). Пониженное поглощение триацилглицеролов молочной железой отмечено у коров в конце 10-часового введения глюкозы в питающую вымя артерию на фоне 80%-ного повышения уровня инсулина (Sant et al., 2002), тогда как при 2-часовой инфузии инсулина с глюкозой не наблюдалось снижения эффективности извлечения триацилглицеролов молочной железой из крови (Laagveld et al., 1985). Тот факт, что в нашем опыте скорость продукции молочного жира не изменилась, несмотря на сниженное поглощение триацилглицеролов и спад уровня НЭЖК в крови, можно объяснить

более интенсивным использованием ацетата на синтез короткоцепочечных жирных кислот, поскольку в клетках лактирующей молочной железы существуют реципрокные отношения между обеспеченностью глюкозой и темпом окислением ацетата (Forsberg et al., 1985).

В опытах с хроническим введением глюкозы в дуоденум, создающих сходную ситуацию повышенной секреции инсулина на фоне нормогликемии, в работе Rulquin et al.(2004) у коров наблюдали увеличение удоя и продукции белка при аналогичном по величине усилении кровотока через вымя. Дозозависимый эффект на продукцию белка у коров голштинской породы отмечался при инфузии в дуоденум до 1000 г глюкозы в сутки, что соответствовало 6% от потребленного сухого вещества корма (Rigout et al., 2002; Rulquin et al., 2004).

### **Заключение**

Полученные нами данные позволяют заключить, что инфузия инсулина в условиях поддержания нормогликемии повышает скорость молокообразования и выход молочного белка в результате стимуляции кровоснабжения молочной железы и метаболической активности ее секреторных клеток, что свидетельствует о наличии резерва в возможности управления продукцией молочного белка кормовыми факторами.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Макар З.Н., М. И. Сапунов, Р. И. Корнеева, И.В. Бояршинов, Г. Г. Черепанов. Особенности метаболизма и молокообразования у коз при обогащении рациона протеином и энергетическими субстратами. Труды ВНИИФБиП, Т. 44, 2005: 33-43.
2. Макар З.Н., Черепанов Г.Г., Бояршинов И.А., Корнеева Р.И., Матющенко П.В., Токарев Т.Ю. Взаимосвязь органного кровотока, поглощения субстратов из крови, активности транспорта в секреторные клетки молочной железы и образования компонентов молока у коров. Рос. физиол. журн. им. И.М.Сеченова. 89 (8): 951-959. 2003.
3. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное./Под ред. А.П.Калашникова, В.И.Фисинина, В.В.Щеглова, Н.И.Клейменова. Москва, 2003, 456 с.
4. Черепанов Г. Г., Токарев Т. Ю., Макар З. Н. Косвенная оценка транспорта метаболитов в клетку *in vivo* по данным измерения их артерио-венозного баланса. Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. 89 (8): 1021-1028. 2003.
5. Черепанов Г. Г., Макар З. Н. Адаптивные изменения активности транспорта аминокислот в секреторные клетки молочной железы при сдвигах нутритивного статуса. Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. 91 (10): 1182-1194. 2005.

6. Bauman D. E., Mackle T. R. Amino acid supply and the regulation of milk protein synthesis. *Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf. Rochester e.a.* : 196-207. 1988.
7. Bequette B.J., Hanigan M.D., Calder A.G., Reynolds C.K., Lobley G.E., MacRae J.C. Amino acid exchange by the mammary gland of lactating goats when histidine limits milk production. *J. Dairy Sci.* 83: 765-775. 2000.
8. Bequette B. J., Kyle C. E., Crompton L. A., Hanigan M. D. Insulin regulates milk production and mammary gland and hind-leg amino acid fluxes and blood flow in lactating goats. *J. Dairy Sci.* 84: 241-255. 2001.
9. Bequette B.J. et al. Protein metabolism in lactating goats subjected to the insulin clamp. *J. Dairy Sci.* 2002. V.85. No. 6. P. 1546-1555.
10. Cant J.P., Trout D.R., Qiao F., Purdie N.G. Milk synthetic response of the bovine mammary gland to an increase in the local concentration of arterial glucose. *J. Dairy Sci.* 85: 494-503. 2002.
11. Flint D. J., Tonner E., Beattie J., Gardner M. Several insulin-like growth factor analogues and complexes of insulin-like growth factor-I and factor-II with insulin-like growth factor-binding protein-3 fail to mimic the effect of growth hormone upon lactation in the rat. *J. Endocrinol.* 140: 211-216. 1994.
12. Forsberg N. E., Baldwin R. L., Smith N. E. Roles of glucose and its interaction with acetate in maintenance and biosynthesis in bovine mammary tissue. *J. Dairy Sci.* 68: 2544-2549. 1985.
13. Griinari J. M., McGuire M. A., Dwyer D. A., Bauman D.E., Barbano D. M., House W.A. The role of insulin in the regulation of milk protein synthesis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80: 2361-2371. 1997.
14. Hanigan M. D., Bequette B. J., Crompton L. A., France J. Modeling mammary amino acid metabolism. *Livestock Prod. Sci.* 70: 63-78. 2001.
15. Hove K. Maintenance of lactose secretion during acute insulin deficiency in lactating goats. *Acta Physiol. Scand.* 103: 173-179. 1978.
16. Laarveld B., Chaplin R.K., Brockman R.P. Effects of insulin on the metabolism of acetate, beta-hydroxybutyrate and triglycerides by the bovine mammary gland. *Comp. Biochem. Physiol. B* 82: 265-267. 1985.
17. Leonard M., Block E. Effects on nutrient and hormonal profile of long-term infusions of glucose or insulin plus glucose in cows treated with recombinant bovine somatotropin before peak milk yield. *J. Dairy Sci.* 80: 127-143. 1997.
18. Mackle T. R. and Bauman, D. E. 1998. Recent developments in the regulation of milk protein production. Pages 104-112 in *Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf.*, Rochester, NY. Cornell Univ., Ithaca, NY.
19. Mackle T. R. et al. Effects of insulin and postruminal supply of protein on use of amino acids by the mammary gland or milk protein synthesis. // *J. Dairy Sci.* 83: P.93-105. 2000.
20. Mashek D. G., Ingvarsten K. L., Andersen J. B., Vestergaard M., Larsen T. Effects of 4-day hyperinsulinemic-euglycemic clamp in early and mid-lactation dairy cows on plasma concentrations of metabolites, hormones, and binding proteins. *Dom. Anim. Endoc.* 21: 169-185. 2001.

21. Mashek D. G., Norup L. R., Andersen J. B., Ingvarstsen K. L. Effects of 4-day hyperinsulinemic-euglycemic clamps during early and mid-lactation on milk yield, milk composition, feed intake, and energy balance. *Livest. Prod. Sci.* 77: 241-251. 2002.
22. McGuire M. A., Dwyer D. A., Harrell R. J., Bauman D. E. Insulin regulates circulating insulin-like growth factors and some of their binding proteins in lactating cows. *Am. J. Physiol.* 269: E723-E730. 1995.
23. Rigout S., Lemosquet S., van Eys J. E., Blum J. W. Duodenal glucose increases glucose fluxes and lactose synthesis in grass silage-fed cows. *J. Dairy Sci.* 85: 595-606. 2002.
24. Rook J. A., Hopwood J. B. The effects of intravenous infusions of insulin and of sodium succinate on milk secretion in the goat. *J. Dairy Res.* 37: 193-198. 1970.
25. Rulquin H., Rigout S., Lemosquet S., Bach A. Infusion of glucose directs circulating amino acids to the mammary gland in well-fed dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87: 340-349. 2004.
26. Shamay A., Cohen N., Niwa M., Gertler A. Effect of insulin-like growth factor on deoxyribonucleic acid synthesis and galactopoeisis in bovine undifferentiated and lactating mammary tissue in vitro. *Endocrinology.* 123: 804-809. 1988.
27. Shennan D.B., Peaker M. Transport of milk constituents by the mammary gland. *Physiol. Rev.* 80(3): 925-951. 2000.

### **ВЛИЯНИЕ МОЧЕВИНЫ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ИНСУЛИНА И ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ БЫЧКОВ**

*А.А.Фомин, В.А.Матвеев*

Лаборатория эндокринной регуляции обмена веществ и продуктивности с.- х. животных

*В опыте на бычках холмогорской породы установили, что однократная дача с комбикормом пропиленгликоля вызывает у них дозозависимое увеличение в крови концентрации инсулина, которое происходит в первые 30 минут после приема пропиленгликоля и не связано с изменением концентрации глюкозы. Однократное скармливание бычкам мочевины существенно снижает в сыворотке крови концентрацию инсулина. Установлена отрицательная корреляционная зависимость между концентрацией инсулина и мочевины в крови бычков. Обсуждается вопрос о возможной роли мочевины как регулятора функциональной активности инсулярного аппарата поджелудочной железы у жвачных.*

## **Введение**

В ранее проведенных нами исследованиях (Матвеев, 2001) показано, что уровень сырого протеина в рационе бычков положительно коррелирует с функциональной активностью инсулярного аппарата поджелудочной железы. Включение в состав комбикорма для бычков кормов с пониженной распадаемостью в рубце протеина способствует увеличению поступления в метаболический пул организма аминокислот, повышает в крови животных концентрацию инсулина и, в конечном итоге, повышает интенсивность роста и усиление процессов биосинтеза мышечных белков (Матвеев, Галочкина, Баранова и др., 2001).

Однако, включение в состав кормовой добавки для бычков, наряду с кормами с пониженной распадаемостью протеина, синтетического источника азота – диаммонийфосфата, достоверно снижало концентрацию инсулина в сыворотке крови как до кормления, так и через 1 и 3 часа после него (Коровацкой, Матвеев, Галочкина, Дворецкая, 2004). Включение в состав кормовой добавки для бычков мочевины и пропиленгликоля, который по данным литературы (Grummer, Winkler, Bertics, Studer, 1994) повышает у крупного рогатого скота интенсивность процессов глюконеогенеза в печени и стимулирует инкрецию инсулина, не предотвратило снижения уровня инсулина в сыворотке крови бычков (Фомин, Матвеев, 2005).

В связи с этим, в целях дальнейшего изучения роли алиментарных факторов в регуляции функциональной активности инсулярного аппарата поджелудочной железы у жвачных животных, исследовали динамику концентрации инсулина в сыворотке крови бычков при одноразовой даче им с кормом пропиленгликоля или мочевины.

## **Материал и методы**

Для решения поставленных задач провели две серии исследований на бычках холмогорской породы в виварии института. Содержание животных привязное, кормление индивидуальное, 2-разовое. Рацион для всех бычков был одинаковым в соответствии с нормами для интенсивного выращивания и откорма молодняка крупного рогатого скота для обеспечения 1000-1200 г среднесуточного прироста массы тела (Нормы и рационы ..., 2003). В его состав входили: сено злаковое, силос из козлятника восточного, патока свекловичная и комбикорм, количество которого соответствовало 50-55% обменной энергии рациона. Опыт проведен методом групп и периодов. В 1 серии эксперимента бычки по принципу аналогов с учетом живой массы, возраста, пола и величины среднесуточного прироста были распределены в три группы по 3 головы в каждой. В среднем живая масса бычков составила 163,4 кг, а среднесуточный прирост – 1031 г. Животные 1-й (контрольной) группы не получали пропиленгликоль, а бычки опытных групп в составе комбикорма один раз в сутки получали 20 мл (2-я группа) и 80 мл (3-я группа) пропиленгликоля. В

крови определяли концентрацию инсулина и глюкозы до кормления и через 30, 60, 120, 180 и 240 минут после приема корма.

Во второй серии опыта животные по принципу аналогов с учетом живой массы, возраста, пола и величины среднесуточного прироста были распределены в две группы по 5 голов в каждой. В среднем живая масса бычков составила 302,1 кг, а среднесуточный прирост – 1315,6 г. Животные 2-й (опытной) группы в составе комбикорма один раз в сутки получали 15 г мочевины. В крови определяли концентрацию инсулина, мочевины и глюкозы до кормления и через 1, 2, 3 и 4 часа после приема корма.

Концентрацию инсулина определяли в сыворотке крови иммуноферментным способом (Радченков, Матвеев, 1997), содержание глюкозы - глюкозооксидазным методом (Радченков, Матвеев, Аверин и др., 1986), а мочевины - химическим методом (Coulambe et al., 1963). Математическую обработку полученных данных проводили стандартными методами (Лакин, 1980).

### Результаты и обсуждение

Результаты исследований показали, что у бычков контрольной группы наблюдалась типичная реакция инсулярного аппарата на прием корма, которая проявлялась в увеличении концентрации инсулина через час после приема корма с последующим возвращением к исходному уровню (табл. 1). При одноразовом скармливании бычкам с комбикормом пропиленгликоля концентрация инсулина в сыворотке крови достоверно увеличивалась на 70,4 и 75% уже через 30 минут после начала приема корма и была значительно выше, чем в контрольной группе (табл. 1). В дальнейшем уровень гормона в сыворотке крови животных опытных групп продолжал возрастать и достигал максимума через 1 час после приема корма. При скармливании пропиленгликоля в дозе 80 мл увеличение концентрации инсулина было большим и более длительный период сохранялся высокий уровень гормона, чем при применении пропиленгликоля в дозе 20 мл.

Таблица 1. Концентрация инсулина в сыворотке крови бычков при одноразовом скармливании пропиленгликоля (ПГ), мкед/мл

Группа	Время после дачи пропиленгликоля, часы					
	0	0,5	1	2	3	4
Контроль	5,3±0,16	5,9±0,54	8,9±1,13	7,8±0,87	3,9±0,95	4,0±1,07
20 мл ПГ	5,4±0,63	9,2±0,27	9,6±1,27	7,4±0,91	5,3±0,65	5,1±0,9
% к контр.	101,9	155,9 **	107,9	94,9	135,9	127,5
80 мл ПГ	5,6±0,11	9,8±1,32	15,2±1,2	11,2±2,0	11,5±0,8	7,9±0,35
% к контр.	105,7	166,1 *	170,8 *	143,6 *	294,9 **	197,5 *

Здесь и далее: \* P < 0,05; \*\* P < 0,01; \*\*\* P < 0,001

Предполагается, что индукция секреции инсулина при применении пропиленгликоля связана с увеличением в крови концентрации глюкозы в ре-

зультате образования ее в клетках печени из пропиленгликоля (Grummer et al., 1994). Согласно данным таблицы 2 не установлено существенных различий между группами животных по содержанию в крови глюкозы. Следовательно, увеличение концентрации инсулина в сыворотке крови бычков после скармливания пропиленгликоля не связано с уровнем ее в крови.

Показано (Радченков, Матвеев, 1989.), что через 30 минут после приема корма в крови бычков существенно не увеличивается концентрация пропионата, аминокислот и глюкозы, которые могли бы быть потенциальными индукторами секреции инсулина. Можно полагать, что индукция секреции инсулина у бычков при применении пропиленгликоля происходит в результате:

- опосредованного его действия на клетки в стенке рубца, способные образовывать гормоны и медиаторы, стимулирующие активность инсулярного аппарата поджелудочной железы;
- увеличения концентрации пропиленгликоля в крови бычков в результате всасывания его из рубца и последующего прямого взаимодействия его с бета-клетками поджелудочной железы.

*Таблица 2. Концентрация глюкозы в крови бычков при одноразовом скармливании пропиленгликоля (ПГ), мг%*

Группа	Время после дачи пропиленгликоля, часы					
	0	0,5	1	2	3	4
Контроль	64,5±0,9	62,3±0,2	61,3±3,0	61,0±2,4	57,5±2,1	59,4±1,2
20 мл ПГ	61,4±1,1	63,8±1,6	59,2±0,9	58,1±0,9	58,4±1,9	57,8±3,4
% к контр.	95,2	102,3	96,6	95,3	101,4	97,4
80 мл ПГ	61,8±1,8	65,0±1,1	59,5±1,5	57,8±1,1	59,5±1,4	61,4±0,4
% к контр.	95,7	104,3	97,1	94,7	103,4	103,4

Во второй серии исследований также установили, что у бычков контрольной группы наблюдалась типичная реакция инсулярного аппарата на прием корма. Концентрация инсулина у них в сыворотке крови через час после приема корма возрастала на 27,1% и сохранялась на высоком уровне на протяжении последующих трех часов (табл. 3). У животных опытной группы после скармливания мочевины концентрация инсулина в сыворотке крови после приема корма снижалась на протяжении всего исследованного периода времени (табл. 3). Следовательно, добавление бычкам к стандартному рациону 15 г мочевины оказывает тормозящее действие на функциональное состояние инсулярного аппарата поджелудочной железы.

**Таблица 3. Концентрация инсулина в сыворотке крови бычков при одноразовом скармливании мочевины, мкед/мл**

Группа	Время после дачи мочевины, часы				
	0	1	2	3	4
Контроль	13,3±1,30	16,9±0,35	15,7±0,52	17,7±1,10	14,9±1,37
Опыт	13,1±0,99	12,7±0,98	12,0±0,97	11,3±1,71	11,0±1,33
% к контр.	98,5	75,1 **	76,4 *	63,8 *	73,8

Не установлено определенной связи между изменением в крови бычков концентрации инсулина и глюкозы, содержание которой после приема корма снижалось, а в дальнейшем постепенно возвращалось к исходному уровню (табл. 4). Необходимо отметить, что у животных опытной группы через час после приема корма концентрация глюкозы снижалась более значительно – на 6,6% ( $P < 0,05$ ), против 4,2% в контроле. Следовательно, после скармливания мочевины с кормом увеличивается недостаточность в обеспеченности организма бычков глюкозой, так как система гомеостаза не способна обеспечить ее стабильный уровень в крови.

**Таблица 4. Концентрация глюкозы в крови бычков при одноразовом скармливании мочевины, мг %**

Группа	Время после дачи мочевины, часы				
	0	1	2	3	4
Контроль	58,9±0,46	56,4±1,33	58,6±1,06	61,9±1,48	59,6±1,48
Опыт	59,0±0,97	55,1±1,27	56,4±1,88	61,2±1,72	58,9±1,49
% к контр.	100,2	97,8	96,2	98,9	98,9

После приема корма в крови бычков контрольной группы увеличивалась концентрация мочевины (табл. 5), достигая максимального уровня через 4 часа после приема корма. Это типичная динамика содержания мочевины в крови жвачных животных, связанная с увеличением образования аммиака в рубце в результате усиления деятельности микроорганизмов после приема корма. Интенсивность образования аммиака определяется содержанием в кормах легко ферментируемых источников азота. В данном опыте распадаемость протеина кормов в рационе бычков обеих групп была достаточно высокой – 70%. На этом фоне добавка в комбикорм бычков 15 г мочевины обеспечила достоверное увеличение ее концентрации в крови (табл. 5). При этом, уже через час после приема корма содержание мочевины в крови бычков опытной группы существенно превышало исходный уровень на 46,4% ( $P < 0,01$ ).

*Таблица 5. Концентрация мочевины в крови бычков при одноразовом скармливании мочевины, ммоль/л*

Группа	Время после дачи мочевины, часы				
	0	1	2	3	4
Контроль	1,72±0,13	1,98±0,2	2,04±0,13	2,11±0,22	2,14±0,22
Опыт	1,96±0,16	2,87±0,22	3,32±0,1	3,95±0,16	3,20±0,06
% к контр.	114,0	144,8 *	162,8 ***	187,6 ***	149,4 **

Эти изменения в концентрации мочевины совпадали по времени с торможением функции инсулярного аппарата, о чем судили по снижению концентрации инсулина в крови после приема корма. Это свидетельствует о возможной роли мочевины крови как одного из физиологических регуляторов функциональной активности инсулярного аппарата у жвачных животных.

Для подтверждения данного положения был проведен корреляционный и регрессионный анализ зависимости между концентрацией в сыворотке крови инсулина и содержанием в крови мочевины. Установили, что содержание инсулина отрицательно коррелирует с уровнем мочевины. Коэффициент корреляции составил -0,56 ( $P < 0,1$ ) до приема корма, -0,93 ( $P < 0,01$ ) и -0,70 ( $P < 0,02$ ) через 1 и 3 часа после кормления животных. Высокодостоверная отрицательная корреляция через 1 и 3 часа после приема корма подтверждает возможную роль концентрации мочевины в крови жвачных животных как одного из физиологических регуляторов функциональной активности инсулярного аппарата поджелудочной железы.

Зависимость между концентрацией инсулина в сыворотке крови и содержанием в крови мочевины описывается следующим уравнением регрессии:  $Y = -3,9199 X + 24,735$  ( $R^2 = 0,8677$ ).

### **Заключение**

Результаты исследований, проведенные в институте в течение последних лет, убедительно свидетельствуют о необходимости учитывать степень распадаемости в рубце протеина корма не только при оптимизации протеинового питания высокопродуктивных молочных коров, но и при интенсивном выращивании и откорме молодняка крупного рогатого скота. Это нашло отражение в изданном в 2003 году справочном пособии «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных».

Наши исследования показали, что при интенсивном дорацивании и откорме бычков при снижении распадаемости протеина в рационе с 72% до 56%, за счет применения кормов с более низкой распадаемостью протеина (кукурузный глютен взамен подсолнечного шрота), при одинаковом содержании энергии и сырого протеина повышается, по сравнению с контролем, среднесуточный прирост на 10,7% (1469г против 1379 г), ретенция азота на 4,4% и эф-

эффективность синтеза мышечного белка на 7-8%. Достоверно больше (на 3,8%) образуется мышечной ткани, выше на 18,0% отношение мякоти к костям в туше (Матвеев, Галочкина, Баранова и др., 2001).

Повышение эффективности использования протеина корма у лактирующих коров и откармливаемых бычков при снижении в рационе распадаемости протеина корма, как правило, объясняют увеличением поступления в метаболический пул обменного белка в результате увеличения поступления в дуаденум протеина корма и сохранения объема поступления микробиального белка.

По нашим данным при этом увеличивается функциональная активность инсулярного аппарата. Из этого следует, что уровень обменного белка в организме жвачных животных может являться одним из физиологических механизмов регуляции инкреции инсулина. Однако, увеличение в крови жвачных животных после приема корма концентрации свободных аминокислот, в результате увеличения поступления обменного белка, не совпадает по времени с динамикой концентрации инсулина в сыворотке крови. Уровень инсулина увеличивается в течение первых часов после приема корма, а содержание аминокислот значительно позднее – через 3-4 часа и более. Следовательно, повышение активности инсулярного аппарата при использовании кормов с пониженной распадаемостью протеина не связано с увеличением количества аминокислот в метаболическом пуле.

Многочисленными исследованиями установлено, что при снижении распадаемости протеина корма уменьшается интенсивность образования аммиака в рубце и, соответственно, снижается уровень мочевины в крови животных (Физиологические потребности ..., 2001). По нашим данным при этом повышается содержание инсулина в сыворотке крови бычков. На основании этого можно сделать вывод, что концентрация мочевины в крови жвачных является одним из регуляторов функциональной активности инсулярного аппарата.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев В.А. Особенности функционального состояния эндокринных желез у крупного рогатого скота в связи с возрастом и продуктивностью. Автореф. доктор. дисс. Дубровицы, 2001: 47 с.
2. В.А.Матвеев, В.П.Галочкина, И.А.Баранова и др. Параметры обмена веществ и показатели мясной продуктивности у бычков при использовании кормов с пониженной распадаемостью в рубце протеина и крахмала. Сб. науч. тр. ВНИИФБиП с.-х. животных. Боровск, 2001, 40: 3-13.
3. 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. Тр. ВНИИФБиП с.-х. животных. Боровск, 2004, 43: 184-196.

4. 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.
5. 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. Тр. ВНИИФБиП с.-х. животных. Боровск, 2005, 44: 83-92.
6. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное. /Под ред. А.П. Калашникова, В.И.Фисина, В.В.Щеглова, Н.И.Клейменова. Москва, 2003: 456с.
7. Радченков В.П., Матвеев В.А. Методы анализа гормонов крови. Методы биохимического анализа (справочное пособие). - Боровск, 1997: 165-200.
8. 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. – ВНИИФБиП, Боровск, 1986: 9с.
9. Coulambe S.S., Favreon S. New the semimicro method determination of urea. Clin. Chem., 1963, – 9, 1: 23.
10. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учеб. пособие для биологич. спец. вузов. М.: Высш. Школа, 1980, - 293 с.
11. Радченков В.П., Матвеев В.А. Некоторые аспекты регуляции обмена белков и углеводов у жвачных животных. Сельскохозяйственная биология, 1989, -2: 108-112.
12. Физиологические потребности в питательных веществах и нормирование питания молочных коров (справочное руководство). Боровск, 2001. 136с.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАГРУЗОК  
ДЛЯ ОЦЕНКИ АКТИВНОСТИ ИНСУЛЯРНОГО АППАРАТА  
ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ БЫЧКОВ ХОЛМОГОРСКОЙ И  
ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОД**

*И.А. Баранова, В.А. Матвеев*

Лаборатория эндокринной регуляции обмена веществ и продуктивности

*Показана информативность и эффективность метода функциональных проб (нагрузок) как критерия количественной оценки секреторных возможностей эндокринных желез, определяющих интенсивность обменных процессов и уровень продуктивности животных. Выявлены значительные межпородные отличия в характере и силе ответной реакции регуляторных*

*систем организма на воздействующие факторы: бычки мясного направления продуктивности отличались более высоким потенциалом функции инсулярного аппарата поджелудочной железы, что нашло свое отражение в выходе конечной продукции – при одинаковой живой массе они имели в туше больше мякоти и меньше костей, более высокие отношения мякоть:кости и мякоть:жир при меньших затратах питательных веществ корма на единицу продукции.*

## **Введение**

Бычки при интенсивном выращивании и откорме существенно различаются по функциональной активности ряда эндокринных желез, что в свою очередь, определяет у них различия в интенсивности роста и показателях мясной продуктивности. Показано (Jefferson et al., 1977; Skjaerlung, 1988), что уровень снабжения питательными веществами мышечной ткани обусловлен эндокринными факторами, где инсулин – основной из них анаболический фактор, стимулирующий синтез белков. Повышенный уровень инсулина в крови бычков имеет физиологический смысл в том, что определяет направленность синтетических процессов, то есть указывает на соотношение биосинтеза белка и липидов в организме (Матвеев и др., 1999). В целях доказательства ключевой роли уровня активности поджелудочной железы в реализации потенциала мясной продуктивности проведены сравнительные исследования на бычках молочной и мясной пород с применением метода функциональных нагрузок.

Для количественной оценки секреторной активности эндокринных желез наиболее широкое распространение получил метод определения концентрации гормонов в крови в состоянии покоя (базальный уровень). Этот показатель отражает поступление гормона из железы в кровь, связывание его с транспортными и рецепторными белками в крови, взаимодействие гормона с клетками в органах и тканях-мишенях (Матвеев и др., 1991). Однако, информативность этого метода не всегда достаточна. Например, определив с высокой точностью и специфичностью концентрацию большинства гормонов в разовой пробе крови, нельзя определенно сказать о возрасте, породе, генотипе, интенсивности обменных процессов и уровне продуктивности животного. Поэтому наряду с определением базального уровня концентрации гормонов, в эндокринологии широко используется способ функциональных проб или нагрузок. При этом для нагрузки на железу применяют вещества разной природы – гормоны (кортикотропин, инсулин, соматолиберин, адреналин и др.), метаболиты (глюкоза, аминокислоты, жирные кислоты и др.), которые способны активизировать функцию эндокринной железы, что регистрируется увеличением в крови концентрации гормонов через определенное время (Робу, 1982; Матвеев и др., 1998).

Способ оценки функциональной активности поджелудочной железы основан на способности повышенного уровня глюкозы в крови (по сравнению с физиологической нормой) активизировать в бета-клетках поджелудочной

железы синтез и секрецию инсулина, что обеспечивает изменение содержания гормона в крови. Повышенный уровень инсулина в крови усиливает интенсивность использования глюкозы тканями организма животного, что сопровождается значительным снижением ее концентрации. Критерием оценки функциональной активности эндокринной железы в данном случае являются параметры изменения содержания в крови инсулина и глюкозы. Повышенный уровень глюкозы в крови достигается за счет ее внутривенного или перорального введения (Hidetoshi , 1998; Матвеев и др., 1998). В клинической практике у людей чаще используют пероральный тест с многократным измерением в течение 3-х часов в крови концентрации глюкозы. По характеру гликемической кривой судят о физиологическом состоянии или наличии патологии в эндокринной системе. В исследовательской работе чаще используют более сложный вариант функциональной нагрузки, который включает регистрацию динамики содержания глюкозы в крови и концентрации инсулина в плазме в течение определенного временного интервала.

Результаты испытаний разных доз внутривенного введения глюкозы показали, что у крупного рогатого скота доза 0.25 г/кг живой массы более эффективна, чем доза 0.5 г/кг, которую чаще используют в опытах на моногастрических животных (Старосельцева , 1974; Wolff , 1982).

Обоснованием для использования нами схемы внутривенной нагрузки глюкозой и внутримышечной нагрузки инсулином послужили данные, полученные на молодняке крупного рогатого скота (Радченков и др., 1986), свидетельствующие, что во все возрастные периоды, независимо от направления продуктивности, максимальный уровень инсулина в плазме крови бычков наблюдали через 15 минут после внутривенного введения глюкозы или инсулина.

Действие глюкагона во многих отношениях противоположно действию инсулина. Он усиливает в первую очередь распад гликогена и, как следствие, увеличивает содержание глюкозы в крови, липолиз в жировой ткани и катаболизм белков (Генес , 1975). Введение глюкагона стимулирует секрецию инсулина – при этом увеличивается концентрация инсулина в крови, оттекающей от поджелудочной железы. Под влиянием внутривенного введения глюкагона у здоровых людей содержание инсулина в крови нарастает до развития гипергликемии. Увеличение концентрации гормона происходит быстрее, чем под влиянием вводимой глюкозы (Crockford , 1966). Существует мнение (Gerich ,1976), что повышение концентрации инсулина связано не с непосредственным влиянием глюкозы на бета-клетки поджелудочной железы, а опосредованно, через изменение содержания глюкозы в крови. В целях получения дополнительной информации о роли глюкагона в регуляции углеводного обмена у бычков проведена функциональная нагрузка этим гормоном.

## **Материал и методы**

Исследования проводились на бычках герефордской и холмогорской пород по 5 животных в группе. Продолжительность опыта с 8- до 15,5- месячного возраста. Подопытные животные находились в одинаковых условиях кормления и содержания. Уровень кормления рассчитан на обеспечение интенсивного выращивания и откорма (Нормы и рационы, 2003). В возрасте 15,5 месяцев провели убой бычков с последующей обвалкой, морфологическим и биохимическим анализом состава туши.

Кровь для исследований брали пункцией яремной вены. Концентрацию инсулина в плазме крови определяли радиоиммунологическим методом (Радченков и др., 1985), содержание глюкозы в цельной крови – глюкозооксидазным методом (Радченков и др., 1986).

В возрасте 11 месяцев животным провели нагрузку инсулином – внутримышечно, в дозе 0,1 единицы на 1 кг живой массы. Кровь брали до введения гормона и через 15, 30, 60, 90 и 120 минут после инъекции.

13- месячным бычкам вводили внутримышечно глюкагон в дозе 10 мкг на 1 кг живой массы. Образцы крови брали по аналогичной схеме.

В 14 месяцев животным проведена нагрузка глюкозой. Глюкозу вводили внутривенно в виде 40% раствора в дозе 0,25 г на 1 кг живой массы. Образцы крови брали до нагрузки, через 15, 30, 60 и 90 минут после введения глюкозы.

Математическую обработку проводили стандартными методами (Лакин, 1980).

## **Результаты и обсуждение**

При внутримышечном введении инсулина у 11-месячных бычков герефордской и холмогорской пород наблюдали достоверный подъем его уровня в крови (рис. 1), причем у первых концентрация инсулина в плазме крови была выше до нагрузки (на 47,1 %,  $P < 0,05$ ) и во все временные интервалы после нагрузки (на 31,4 %,  $P < 0,01$ ; 102,8 %,  $P < 0,05$ ; 13,0 %; 12,4 %; 30,5%, соответственно, через 15, 30, 60, 90 и 120 минут после введения инсулина).

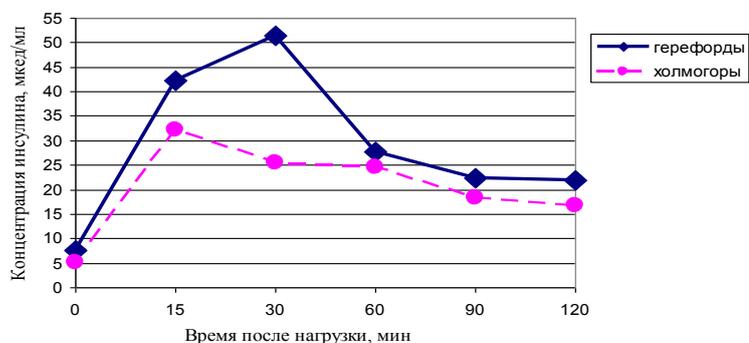


Рис. 1. Динамика изменения концентрации инсулина в крови бычков после введения инсулина

Известно, что у жвачных животных, как и у моногастричных, инсулин способен ингибировать продуцирование глюкозы печенью (Brockman, 1984) и стимулировать поглощение ее периферическими тканями – преимущественно мышцами (Mасchaux, 1981). Нагрузка инсулином вызвала достоверное снижение концентрации глюкозы в крови бычков обеих пород (рис. 2). Меньшая концентрация глюкозы до нагрузки у бычков-герефордов, по сравнению с холмогорами (на 10,8 %), и сохранение более низкого ее уровня в течение 60 мин после нагрузки, на фоне высокого уровня инсулина, указывает на адаптированность обмена веществ бычков мясного направления продуктивности к низким концентрациям глюкозы в крови и способность при необходимости быстро утилизировать избыток глюкозы. Способность организма бычков-герефордов сохранять гомеостаз глюкозы в крови в условиях повышенной ее утилизации указывает на более высокие потенциальные возможности глюконеогенеза у мясных бычков.

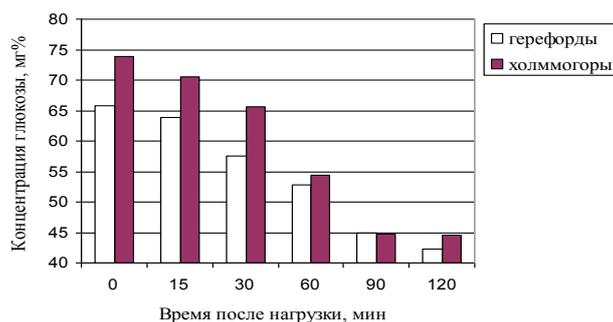


Рис. 2. Концентрация глюкозы в крови бычков после введения инсулина

После введения глюкагона в крови животных существенно увеличилась концентрация глюкозы (рис. 3). У герефордов, по сравнению с холмогорами, содержание глюкозы повышалось медленнее (максимум ее зафиксирован у герефордов через 60 мин, а у холмогоров – через 30 мин после инъекции). Однако высокий уровень глюкозы сохранялся у герефордов более длительное время. Через 60, 90 и 120 минут после введения глюкагона герефорды превосходили холмогоров по содержанию глюкозы на 47,1%, 51,1% и 33,7%, соответственно.

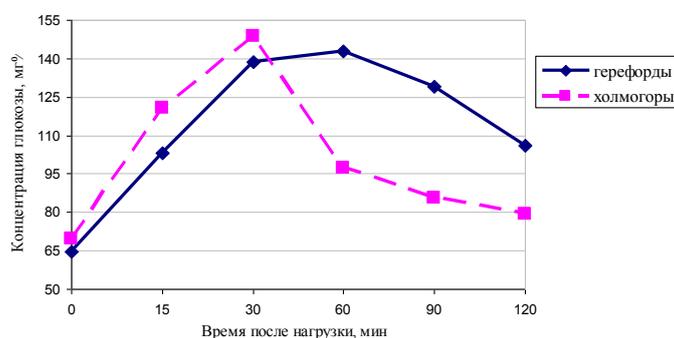


Рис. 3. Концентрация глюкозы в крови бычков после внутримышечной инъекции глюкагоном

Наряду с увеличением в крови содержания глюкозы, глюкагон способствовал повышению уровня инсулина (рис. 4). Динамика содержания инсулина у бычков аналогична изменению концентрации глюкозы. У животных обеих пород концентрация инсулина начинала увеличиваться через 15 минут после нагрузки, но у герефордов уровень гормона, как и глюкозы, удерживался более длительное время (90 мин) на высоком уровне (концентрация инсулина у них была выше до нагрузки, через 30, 60, 90 и 120 мин на 49,2; 18,7; 59,5; 150,0 и 101,5 % соответственно). Характер кривой, а именно наличие второго пика подъема концентрации инсулина через 90 мин у герефордов, дает основание предположить, что у бычков мясного направления продуктивности значительно выше функциональные резервы инсулярного аппарата поджелудочной железы.

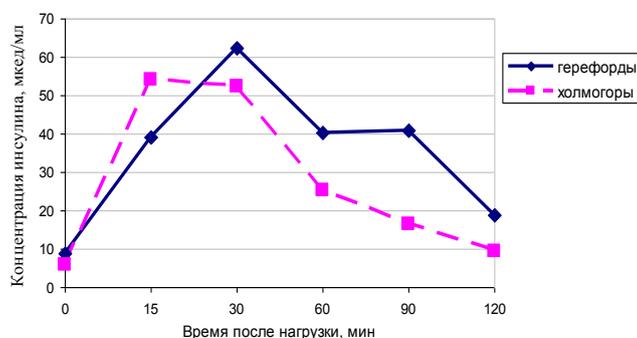


Рис. 4. Концентрация инсулина в плазме крови бычков после внутримышечной инъекции глюкозоном

Коэффициент корреляции между концентрацией в крови инсулина и глюкозы составил у герефордов +0,83 ( $P < 0,02$ ), а у холмогоров +0,94 ( $P < 0,01$ ). Наличие существенной положительной зависимости между изменением уровня глюкозы и инсулина после введения глюкогона указывает на возможность опосредованного влияния глюкогона на секрецию инсулина путем существенного подъема содержания в крови глюкозы.

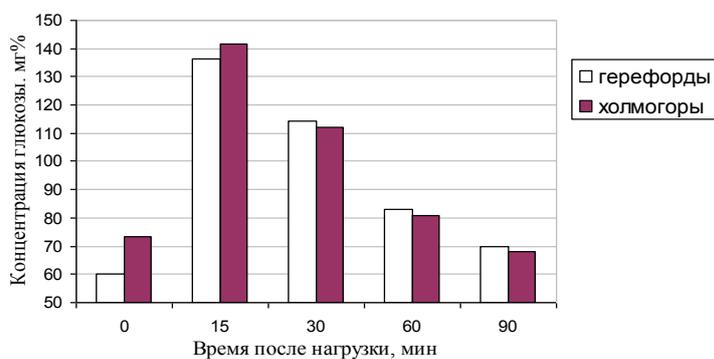


Рис. 5. Концентрация глюкозы в крови бычков после внутренней нагрузки глюкозой

Внутривенное введение глюкозы обеспечивало через 15 мин существенное увеличение в крови концентрации глюкозы (рис. 5), что, в свою оче-

редь, приводило к достоверному подъему уровня инсулина у всех бычков (рис. 6).

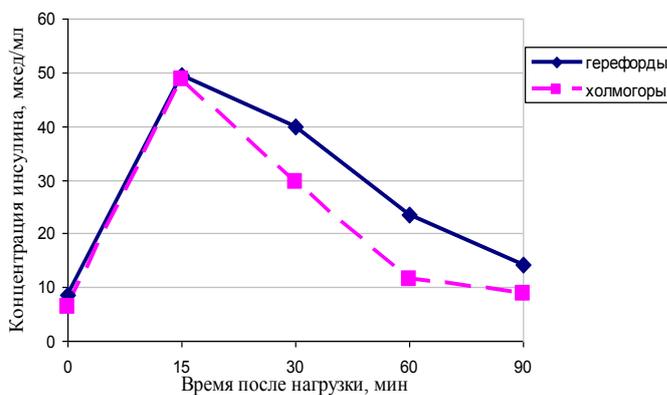


Рис. 6. Концентрация инсулина в крови бычков после внутривенной нагрузки глюкозой

В дальнейшем содержание глюкозы снижалось и через 90 мин после нагрузки приближалось к исходному уровню.

По данным Баранова (1979) в первые минуты после нагрузки глюкозой из бета-клеток поджелудочной железы поступает ранее синтезированный и отложенный во внутриклеточных гранулах инсулин. В последующем высокий уровень инсулина в крови поддерживается за счет повышенного выделения вновь синтезированного инсулина. Согласно нашим данным, уровень инсулина был максимальным через 15 мин после нагрузки и не имел межпородных различий. Это значит, что на первом этапе после нагрузки глюкозой, бета-клетки поджелудочной железы бычков выделили в кровь равное количество инсулина. Через 30, 60 и 90 мин концентрация инсулина в крови бычков обеих пород постепенно снижалась, но у животных холмогорской породы скорость снижения уровня гормона была значительно выше. В этот период содержание инсулина в крови поддерживается преимущественно за счет выделения из поджелудочной железы вновь синтезированного гормона. Следовательно, у бычков-герефордов потенциальные возможности синтеза инсулина в бета-клетках поджелудочной железы выше по сравнению с животными холмогорской породы.

Это положение подтверждают данные расчета относительной величины максимального прироста концентрации инсулина ( $K_{\text{мак}}$ ), которую находили по следующей формуле (Радченков и др., 1986):

$$K_{\text{мак}} = (C_{15} - C_0) / C_0 * 100, \text{ где:}$$

$C_0$  – концентрация инсулина до нагрузки (мкед/мл);

$C_{15}$  – концентрация инсулина через 15 минут после нагрузки (мкед/мл).

Значение коэффициента максимального прироста инсулина у герефордских бычков на 11,7 % выше, чем у холмогорских ( $556,0 \pm 97,8$  против  $497,6 \pm 58,0$ ).

Интенсивность реакции инсулярного аппарата определяется также чувствительностью рецепторов, расположенных на клеточной мембране бета-клеток островков Лангерганса, способных реагировать на изменения уровня глюкозы в притекающей к клеткам крови, индуцируя синтез и секрецию инсулина. Коэффициент, определяющий чувствительность бета-клеток к глюкозе ( $K_1$ ), рассчитывали по формуле (Радченков и др., 1986; Матвеев и др., 1998):

$$K_1 = (I_{15} - I_0) / (G_{15} - G_0), \text{ где:}$$

$I_0$  – концентрация инсулина до нагрузки глюкозой, пМоль/л;

$I_{15}$  – концентрация инсулина через 15 минут после введения глюкозы, пМоль/л;

$G_0$  – концентрация глюкозы в крови до нагрузки глюкозой, мМоль/л;

$G_{15}$  – концентрация глюкозы через 15 минут после введения глюкозы, мМоль/л.

Значение коэффициента чувствительности бета-клеток к глюкозе у бычков-герефордов в среднем составило  $61,5 \pm 7,1$ , а у холмогоров –  $72,1 \pm 10,4$ . Ряд авторов (Радченков, Матвеев, Аверин 1986; Галочкина, Ельченинов, 1999) полагают, что показатели, отражающие скорость секреции инсулина или эффективность его действия, имеют связь с интенсивностью роста бычков. В нашем опыте обнаружена положительная взаимосвязь значения коэффициента чувствительности бета-клеток к глюкозе ( $K_1$ ) и живой массы бычков (у герефордов  $r = +0,427$ ; у холмогоров  $r = +0,657$ ), а также значения  $K_1$  и убойного выхода (у герефордов  $r = +0,807$ ; у холмогоров  $r = +0,988$ ,  $P < 0,01$ ).

Использованные в эксперименте условия кормления и содержания обеспечили высокую интенсивность роста бычков. В среднем за весь период опыта среднесуточный прирост массы тела составил  $974 \pm 15$  и  $1021 \pm 28$  г, соответственно, у животных герефордской и холмогорской пород. Несмотря на незначительное преимущество в интенсивности роста бычков-холмогоров, у них была ниже эффективность процессов синтеза мышечных белков и, в результате этого, меньше среднесуточное накопление мышечной ткани (Баранов, 1999). Эти данные подтверждают и результаты оценки состава туши после убоя животных. У бычков мясного направления продуктивности, по сравнению с животными молочного направления, статистически достоверно меньше (на 18,2%) была масса костей, на 17,0% количество окологпочечного жира и на 4% больше мякоти в туше. В результате этого у герефордов на 24% было выше соотношение мякоти и костей в туше, что свидетельствует о большей их обмускуленности.

### **Заключение**

Параметры реакции эндокринных желез на нагрузки инсулином, глюкагоном и глюкозой свидетельствуют о наличии более высокого потенциала

функции инсулярного аппарата поджелудочной железы у бычков герефордской породы по сравнению с бычками холмогорской породы. Повышенный уровень инсулина в крови животных мясного направления продуктивности обеспечивал усиление транспорта глюкозы и аминокислот в клетки мышечной и жировой тканей и стимулировал в них процессы синтеза белков и липидов, что в конечном итоге способствовало увеличению обмускуленности туши и получению говядины высокого качества.

Высокая положительная корреляция между значениями коэффициента чувствительности бета-клеток поджелудочной железы к глюкозе и убойным выходом (у герефордов  $r = + 0,807$ ,  $P < 0,1$ , у холмогоров  $r = +0,988$ ,  $P < 0,01$ ), указывает на возможность использования этого показателя для прогнозирования мясной продуктивности у бычков.

Таким образом, функциональное состояние инсулярного аппарата поджелудочной железы является важнейшим моментом в формировании мышечной и жировой ткани и реализации продуктивного потенциала молодняка крупного рогатого скота. Метод функциональных проб может служить одним из критериев для объективной оценки функциональных возможностей инкреторных органов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов А.П. Азотистый обмен и количественные аспекты синтеза белка у бычков герефордской и холмогорской породы: Автореф. дисс... к.б.н., Боровск, 1999.
2. Баранов В.Г., Тихонова Н.Е. Инсулин. Физиология эндокринной системы. Л.: Наука, 1979: 220-23
3. Генес С.Г. Полвека применению инсулина. Терапевт. Архив, 1972, 44: 10.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980.
5. Матвеев В.А., Галочкина В.П., Ельченинов Г.М. Уровень гормонов и обмен веществ у растущих бычков. Сб. науч трудов ВНИИФБиП с.- х. жив. Боровск, 1999, 38: 159-173.
6. Матвеев В.А., Радченков В.П., Бутров Е.В. Методы исследования гормональной регуляции питания и метаболизма. В кн.: Методы исследования питания с. – х. животных. Под ред. Б.Д. Кальницкого. Боровск, 1998, 360-361.
7. Матвеев В.А., Радченков В.П., Бутров Е.В. Эндокринная регуляция метаболизма и продуктивности с. –х. животных: Материалы Междунар. Конференции «Биологические основы высокой продуктивности с. – х. животных». Боровск, 1991, Ч. 2: 3-12.
8. Нормы и рационы кормления с. – х. животных: Справочное пособие. Под ред. А.П. Калашникова, М.: 2003

9. Радченков В.П. и др. Определение гормонов в крови крупного рогатого скота, свиней и их гормональный статус. (Методические указания), Боровск, 1985.
10. Радченков В.П., Матвеев В.А., Аверин В.С. Определение потенциала функции инсулярного аппарата поджелудочной железы у молодняка крупного рогатого скота. (Методические указания), Боровск, 1986.
11. Радченков В.П., Матвеев В.А., Сапунова Е.Г. Функциональное состояние эндокринных желез у растущих бычков. Труды ВНИИФБиП с. – х. жив., Боровск, 1986, 32: 82-90
12. Робу А.И. Взаимоотношения эндокринных комплексов при стрессе. Кишинев: Штиинца, 1982.
13. Brockman R.P. Effects of insulin and glucose on the production and utilization of glucose in sheep. Comp. Biochem. Physiol., 1984, 74 A: 681-685.
14. Crockford P.M., Porte D., Wood F. C. Effect of glucagons on serum insulin plasma glucose and free asid in man. Metabolism, 1966, 15: 114-122
15. Gerich J.E., Charles M.A., Grodsry G.M. Regulation of pancreatic insulin and glucagons secretion. Annual Review of Physiologi, 1976, 38: 599-602.
16. Hidetoshi S., Kazuosyi C., Masanori T. Nicon chikusan gakkaiho. Anim. Sci. and Tehnol, 1998, 69, 5: 475-482.
17. Jefferson L.S., Li S.B., Rannels S. R. Regulation by insulin of amino asid release and protein in the perfused rat hemikocorpus. J. Biol. Chem., 1977, 252: 1476-1483.
18. Machaux C., Beckers J.F., De Fonsecu. Plasma insulin level in double muscled an conventional bulls during the first year of life. Tierzucht., 1981, 98, 4: 312-318
19. Skjaerlund D.M., Milwaneu D. R., Mars R.N. et.al. Measurement of protein turnover in skeletal muscle strips. J. Anim. Sci., 1988, 66: 687-698.
20. Wolff Y.R. Control jf carbohydrate metabolism in ruminants. Proc. Nutr. Soc. Aust., 1982, 7: 89-96.

**ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ПИТАНИЯ  
НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РОСТА И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ БЫЧКОВ,  
ВЫРАЩИВАЕМЫХ НА МЯСО**

*В.П. Галочкина*  
Лаборатория иммунобиотехнологии

*Изучено влияние уровня кормления и протеина разного качества на интенсивность роста, степень конверсии корма в продукцию, качество туш бычков пород молочного направления продуктивности при выращивании на мясо. Получены данные по компенсации интенсивности роста и качества продукции бычков при снижении уровня и полноценности питания.*

## Введение

Во многих странах мира мясное скотоводство – главная отрасль животноводства. Наиболее интенсивно мясное скотоводство развито в США, Канаде, в странах центральной и западной Европы, где поголовье мясных коров или равно, или в 2 – 3 раза превосходит поголовье молочных. Интенсивное производство говядины в мире уже много десятилетий базируется на специализированных породах мясного направления продуктивности (Амерханов, 2004; Калашников и др., 2004, 2005; Кусакин, 2004). Можно с высокой долей уверенности прогнозировать, что в России, как и во всех развитых странах, также нет альтернативы мясному скотоводству. Разумеется, оно будет адаптировано к нашим конкретным условиям.

Поголовье молочного скота после распада СССР в хозяйствах сократилось вдвое, а молочная продуктивность продолжает колебаться в пределах 3000 кг молока на корову, что в 2 -3 раза меньше, чем в развитых странах. Производство молока в стране в настоящее время в  $\frac{3}{4}$  хозяйств нерентабельно. Производство говядины убыточно практически полностью.

Сейчас Россия производит около 13 кг говядины на душу населения из 30-ти необходимых. Можно мириться с тем, что это в 10 с лишним раз ниже, чем в Новой Зеландии, но что это в 3 – 4 раза ниже, чем в Северной Америке или западной Европе, по нашему мнению, вина не только государственной политики, не обеспечивающей продовольственную безопасность страны и допустившей диспаритет цен энергоносителей, услуг и товаров промышленного и сельскохозяйственного производства. Наверное, следует признать недостаточно эффективными и влияние сельскохозяйственной науки, и сами условия производства. Ведь говоря об общем очень низком производстве говядины в России, не следует забывать и о качестве российской говядины. До сих пор очень близкую к 100 % величину производимой в стране говядины получают от выбракованного молочного поголовья. Вкус такой говядины в цивилизованном мире уже давно забыли.

Всем известно, что уровень мясной продуктивности и качество говядины находятся в прямой зависимости от интенсивности выращивания молодняка. С увеличением живой массы повышается выход туши приблизительно с 45 - 49 % до 55 – 60 %. Мясность туши также существенно увеличивается с повышением массы туши. Выход мякоти при массе туши 140 - 160 кг составляет 77 – 80 %, а при массе 240 – 260 кг - 82 – 85 %.

Поскольку на качественно иную продукцию должны быть и иные цены, на смену действующему стандарту оценки крупного рогатого скота, сдаваемого на мясо, и оценки производимой говядины, в настоящее время в России подготовлен и находится в стадии принятия новый стандарт (Лисицин, Татулов, 2003). В нем предусматривается дифференцированная оплата за молодняк в зависимости от породы, возраста, упитанности. В стандарте для оценки туш молодняка КРС предусматривается классификация на разные ве-

совые классы от 140 – 160 кг до 260 и выше. Внутри каждого из классов в зависимости от полноты и отложения жира вводятся по две категории качества. В проекте стандарта, в сравнении с действующим, предусмотрен более низкий процент отложения жира при повышенном требовании к развитию мышечной ткани. Молодняк планируется по живой массе разделить на 4 весовых класса: отборный, первый, второй и третий. В третьем (самом дешевом классе) снят нижний предел живой массы и массы туши. Молодняк живой массой менее 350 кг и массой туши менее 168 кг относят к третьему классу (речь не идет о модных ныне различных специализированных телятинах). В проекте стандарта весь взрослый крупный рогатый скот предлагается разделить всего на две категории. Требования к качеству такого мяса также приведены в соответствии с общепринятыми в мире. В целях стимулирования интереса животноводов к интенсивному выращиванию молодняка с целью получения тяжелых туш и увеличения выхода мякоти, как источника полноценных белков, в стандарте признано целесообразным выделять молодняк в возрасте до двух лет в отдельную качественную группу. Для телят в стандарте предусмотрены две возрастные группы: в возрасте от 14 дней до 3 месяцев (старая международная квалификация - «белая телятина») и в возрасте от 3 до 8 месяцев (по также устаревшей классификации - «розовая телятина»). В отличие от ранее принятых классических способов получения «белой» и «розовой» телятины, в последние годы в странах Западной Европы разработана и применяется технология получения тяжелых туш телят, предусматривающая интенсивное выращивание бычков до 7 – 8 месяцев.

Хотим мы того сейчас или нет, можем или не можем, но жизнь все равно заставит заниматься нас мясным скотоводством в нескольких его разновидностях. В данных же условиях речь идет не о мясном скотоводстве, а о производстве говядины в зонах с традиционным молочным скотоводством, на тех же самых молочно-товарных фермах.

По нашему мнению одним из наиболее перспективных вариантов будет возврат к технологии 50 – 60-х годов прошлого столетия – промышленному скрещиванию выбраковываемых низкопродуктивных коров и ремонтных телок или даже, в некоторых случаях, и всех телок (первое осеменение) с быками мясных пород. Суть заключается в использовании биологического эффекта гетерозиса, поскольку помесные телята первого поколения растут интенсивнее чистопородных.

Низкопродуктивные коровы и растелившиеся первотелки (а их первый отел проходит легче, поскольку мясные породы КРС более мелкоплодны, чем молочные) переводятся в категорию кормилиц и под ними выращивают на подсосе по два теленка до 5-8 – месячного возраста (молочность первотелок, как правило, ниже, чем в последующие лактации). Затем молодняк отбивают от матерей-кормилиц, которых откармливают 1 – 3 месяца и сдают на мясо. А первотелок, давших прекрасное мясо от помесных телят, покрывают быками молочных пород и переводят на производство молока. Подобного способа производства дешевой высококачественной говядины, как одного из вариан-

тов, в России, видимо, в будущем все-таки не удастся избежать. Но это в будущем, а сейчас, прежде всего, надо делать акцент на правильную организацию выращивания и откорма на мясо бычков молочных пород.

Сейчас в большинстве хозяйств России выращивание молодняка крупного рогатого скота происходит по пресловутому «остаточному» принципу, т.е. на кормах, которые остаются от основного стада. Молодняк крупного рогатого скота рассматривают как текущую «живую» валюту – при постоянно возникающей необходимости в ней, убивают очередное животное безотносительно упитанности, живой массы и, естественно, качества получаемого продукта.

Значительную часть телят (вплоть до 50 %) ежегодно убивают в первые месяцы жизни как бы для получения телятины, на самом же деле, чаще всего это делается из-за боязни потерять животное и потерять деньги, затраченные на его выращивание (Черкаев, 2001). При таком подходе производство мяса крупного рогатого скота всегда будет оставаться невыгодным.

Существует мнение, что выращивание молодняка крупного рогатого скота на мясо становится рентабельным при интенсивном доращивании и откорме с достижением живой массы не менее 530 кг в возрасте 21 – 24 месяца (Туракулов и др., 2002). Мы не согласны с этим. То, что в любом деле скупой платит дважды, а непрофессионал – трижды, знают все. Такая же общеизвестная истина - самый экономически и биологически невыгодный способ выращивания и содержания животных – их недокорм. Как животным, так и людям вреден не только недокорм по количеству кормов, но несколько не менее пагубен качественно неполноценный, обильный рацион.

В настоящее время у нас в стране принято считать, что у бычка, выращиваемого на мясо, привес 800 - 900 г/сутки от рождения до сдачи на мясокомбинат является умеренным. Интенсивным же выращивание считается при 1100 – 1300 граммах привеса. Следовательно, бычок, выращенный по умеренной схеме, должен иметь живую массу в возрасте 16 – 14 месяцев близкую к 400 кг. Интенсивная технология выращивания должна обеспечить достижение этой же живой массы в возрасте 10 – 11 месяцев (современные европейские технологии - в возрасте 7 – 8 месяцев).

По нашему мнению именно массу в 400 кг и именно в возрасте 10 – 11 месяцев можно признать оптимальной как по биологическим, так и по экономическим соображениям для завершения откорма и сдачи на мясо бычков молочных пород. Логика аргументации такова – при доведении веса от 400 до 500 кг процент выхода туши еще продолжает немного возрастать, достигая величины 53 – 56 %, процент костей в туше снижается, мясность туши (кг мякоти на 1 кг костей) повышается с 4.2 до 4.8, общее количество белка в туше также несколько растет, но значительно существенней увеличивается количество жира (достигая величины 6 – 7 % от массы туши); особенно возрастает фракция внутреннего жира, что никак нельзя расценивать как положительный факт. Следующий негативный момент - оплата корма продукцией в этот период начинает значительно снижаться.

В нашем опыте бычки холмогорской породы в 14,5-месячном возрасте достигали 365 кг живой массы с высокой долей (42 %) мякоти к живой массе (Матвеев и др., 2001). Бычки холмогорской породы по интенсивности роста ( $1118 \pm 42$  г/сутки) не только не уступали бычкам герефордской породы ( $1051 \pm 34$  г/сутки), но и превышали их. В 15,5-месячном возрасте они достигли живой массы 401 и 385 кг, соответственно (Матвеев и др., 2000). Но холмогоры, естественно, уступали герефордам по мясным характеристикам туш – выходу мякоти (43,0 и 45,5 %) и содержанию мякоти в туше (79,8 и 83,0 %), (Еримбетов, Галочкина, 2005).

Продуктивность животных, наряду с другими факторами, в большей степени зависит от уровня кормления, его полноценности, качества кормов и способа кормления. Например, в опыте Мегель и др. (2003) на молодняке овец алтайской тонкорунной породы было показано, что молодняк, выращенный на механизированной площадке с использованием свежескошенной массы культур зеленого конвейера, гранулированных кормов, сенажа и (или) зерносенажа, значительно превосходил в убойном выходе и массе туши своих сверстников, выращенных в условиях традиционного пастбищного содержания.

В соответствии со сказанным, в задачу настоящего исследования входило изучение влияния уровня кормления и протеина разного качества на интенсивность роста выращиваемых на мясо бычков молочных пород и на качество получаемой говядины.

### **Материал и методы**

Бычки холмогорской породы были завезены в виварий института из хозяйства, где они находились на рационе, состоящем из 1 кг сена злакового, 6 кг силоса злакового и 1 кг зерновой дерти (ячмень 70 и пшеница 30 %), т.е. на довольно традиционном рационе для бычков в хозяйствах в период зимнего содержания. При таком кормлении живая масса 7-месячных бычков составляла в среднем 129 кг, со среднесуточным приростом 400 г.

Эксперимент состоял из нескольких этапов, проведенных в одинаковых условиях содержания, но при различном уровне кормления. В первом этапе интенсивность роста бычков определяли на рационе, приближенном к используемому в хозяйстве, и рассчитанном на получение 400 г прироста (1,5 мес.); во втором периоде опыта питательность рациона была увеличена на 39 % по сухому веществу, 44 обменной энергии и на 49 % по сырому протеину за счет добавления 2 кг концентрированного корма и 250 г свекловичной патоки (0,5 мес.); на третьем этапе в рационе, приближенном к хозяйственному, было изменено соотношение силоса и концентратов за счет большего введения в рацион животных контрольной группы силоса из козлятника восточного, что обеспечивало более высокий уровень протеина (на 15%) с увеличением доли амидного азота и обменной энергии (на 10%), а в опытной – комбикорма (1 мес.); на четвертом этапе питательность рациона, используемого в предыдущем периоде, была повышена в контрольной группе по сырому протеину на 32

% и обменной энергии на 21 % и в опытной – на 71,4 и 37,8 соответственно, за счет силоса из козлятника и комбикорма (1 мес.); в пятом периоде опыта (на рационе, одинаковом по питательности в обеих группах) в опытной группе был снижен уровень расщепляемого протеина с 71 до 63 % с одновременным повышением содержания лизина и метионина за счет соевого шрота и кукурузного глютена (2,5 мес.); в шестом периоде на рационе, одинаковом в контрольной и опытной группах (комбикормом с 71 % расщепляемого протеина), определяли продолжительность эффекта интенсификации роста бычков.

Первые два этапа были проведены методом периодов, остальные – методом групп-периодов.

Бычки в течение полутора месяцев находились на рационе, аналогичном рациону хозяйства, из которого они были привезены. В виварии института содержание бычков было привязное, кормление индивидуальное с постоянным доступом к воде и с ежедневным учетом потребления корма. Кратность кормления также была приравнена к условиям хозяйства (двукратным при скармливании всех компонентов рациона утром и вечером в равных долях). После этого бычкам повысили дозу концентратов до 3 кг.

После первых двух этапов при достижении 1000-граммового прироста живой массы тела бычков разделили по принципу парных аналогов на две группы. Перед 5-м этапом опыта подопытные животные были снова перегруппированы. Два бычка из опытной группы с более высоким среднесуточным приростом живой массы (в среднем 1241 г) были переведены в контрольную группу, а два бычка из контрольной группы с наименьшим среднесуточным приростом (в среднем 808 г) переведены в опытную группу. После этого живая масса бычков по группам составила 206,1 и 208,5 кг, со среднесуточным приростом 1062 и 1039 г соответственно в контрольной и опытной группах. Уравнивание групп было проведено с целью выяснения влияния протеина с более низкой расщепляемостью в рубце (глютен кукурузный и соевый шрот) и соевого шрота, как высоколизинового корма, на интенсивность роста и мясные качества туш.

Для выявления длительности последствия разного качества протеина на интенсивность роста, бычки обеих групп были переведены на одинаковое кормление. До конца опыта, в течение 19 дней бычки получали комбикорм одинакового состава, соответствующий рецептуре комбикорма бычков контрольной группы.

В конце 4-го и 5-го этапов были проведены балансовые опыты. По завершении опыта был проведен контрольный убой с целью изучения морфологического состава туш и качества мяса по группам.

Принятая схема опыта позволила сначала методом периодов, а затем методом групп-периодов проследить влияние различного уровня кормления и его смены, а также протеина разного качества (по расщепляемости в рубце и аминокислотному составу) на интенсивность роста и мясные характеристики туш.

## Результаты и обсуждение

После привоза из хозяйства в виварий института бычки получали рацион, приближенный к тому, который они получали в хозяйстве, и обеспечивающий получение 400 г среднесуточного прироста живой массы. Суточное потребление корма составляло: 2 кг сена злакового, 5,2 кг силоса злакового, 2 кг комбикорма и 50 г патоки из свеклы, что составило 3,5 кг сухого вещества, 36,32 МДж обменной энергии и 403 г сырого протеина. В рационе было недостаточное содержание питательных веществ и энергии для получения 600 – 700 г среднесуточного прироста. Среднесуточный прирост живой массы был аналогичен тому, который имеют в хозяйстве при аналогичном кормлении. Животные в зимне-стойловый период находились на элементарной передержке и кормились тем, что оставалось в хозяйстве после дойного стада. Этим этапом работы было подтверждено, что интенсивность роста, получаемая в хозяйстве, зависит не от условий содержания, а от условий кормления и такие условия нерентабельны. Более того, при некотором увеличении уровня концентратов на таком кормовом фоне не было отмечено повышения прироста живой массы, что мы связываем с преодолением стрессового состояния, связанного с транспортировкой бычков и их привыканием к новым условиям содержания. За этот период среднесуточный прирост живой массы бычков составил всего 402 г.

Во втором этапе опыта для обеспечения 800 г среднесуточного прироста живой массы (Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных, 2003) в рационе довели содержание комбикорма до 3 кг, а патоки до 300 г. Потребление корма составило 1,4 кг сена злакового, 5,8 кг силоса злакового, комбикорма 3 кг и 300 г патоки, что увеличило по сравнению с предыдущим этапом опыта потребление сухого вещества до 4,7 кг (на 37,2 %), обменной энергии до 52,28 МДж (на 43,9 %) и сырого протеина до 600 г (на 48,4 %). Такое кормление, рассчитанное на 800 г среднесуточного прироста, компенсировало предыдущее отставание в росте бычков и их прирост в сутки составил 1036 г при средней живой массе по группе 163,5 кг. В потребленном корме на долю концентратов в обменной энергии рациона приходилось 59,2 %, а концентрация обменной энергии в килограмме сухого вещества составила 11,06 МДж.

После достижения 1000-граммового прироста живой массы перед 3-им этапом опыта бычков распределили в две группы. Живая масса бычков контрольной группы составляла 163,4 кг со среднесуточным приростом  $1011 \pm 63$  г. В опытной группе – соответственно 163,7 кг и  $1089 \pm 155$  г ( $P < 0,651$ ) (табл. 1). При составлении рациона учитывали, что основной контингент выращиваемых на мясо бычков представляют собой животные молочных пород и что в хозяйстве, при наличии силоса из клевера, вико-овсяной и горохово-овсяной смеси с повышенным содержанием сырого протеина, лимитированы концентрированные корма. В нашем случае использовали силос из

козлятника восточного с содержанием 35 г сырого протеина в натуральном веществе.

*Таблица 1. Среднесуточный прирост живой массы бычков (первый, второй, третий и четвертый этапы опыта) по группам*

Группы	Периоды учета интенсивности роста бычков, этапы, г			
	1 (1,5 месяца)	2 (2 недели)	3 (месяц)	4 (месяц)
Контрольная	413	1011±63	675±27	889±78
% к предш. этапу		244,79	66,77	131,70
Опытная	391	1089±155	451±89	1212±32
% к контролю	94,67	107,7	66,96	136,3
P<		0,651	0,043	0,005
% к предш. этапу		278,52	41,41	268,74

В состав комбикорма был введен подсолнечный шрот, как источник протеина, и премикс для балансирования рациона по минеральным веществам и витаминам (ячмень 52, пшеница, отруби пшеничные и подсолнечный шрот по 15 % и поваренная соль, обесфторенный фосфат и премикс по 1 %). Комбикорм содержал 87 % сухого вещества, 132 г сырого протеина и 9,5 МДж обменной энергии. В рационе бычков обеих групп сена злакового было по 1 кг, патоки по 300 г. Силос включали в рацион контрольной группы в количестве 10 кг, опытной – 6 кг, комбикорм – соответственно 1,0 и 1,4 кг. Если в предыдущем этапе потребление питательных веществ было увеличено по отношению к предшествующему этапу, что привело к более чем двукратному повышению прироста живой массы, то на данном этапе потребление питательных веществ по сравнению с предыдущим этапом снизилось.

Бычки контрольной группы потребляли в сутки 3,8 кг сухого вещества (на 20,8 % меньше, чем в предшествующем периоде), 34,57 МДж обменной энергии (на 37,9 % меньше) и 544 г сырого протеина (на 9,03 % меньше) (табл. 2). Такое кормление привело к снижению интенсивности роста и позволило получить в контрольной группе в среднем только 675±27 г прироста на голову в сутки (66,8 % по отношению к предшествующему этапу опыта) с живой массой 183,8 кг (табл. 1). В опытной группе среднесуточный прирост составил 451 г или 67,0 % по отношению к контролю (P< 0,043) и 41,4 % к такому в предыдущем этапе. Живая масса бычков опытной группы (177 кг) была на 3,7 % меньше живой массы бычков контрольной группы. В соответствии с рационом бычки опытной группы получали меньше силоса из козлятника восточного, но больше комбикорма, что привело к меньшему (на 15,3 %) потреблению сырого протеина, на 11,5 % сухого вещества и большему (на 2,0 %) обменной энергии по сравнению с контрольной группой. Процент обменной энергии потребленных концентратов в обменной энергии рациона бычков опытной группы был достаточно высоким и составил 40,7 % (в контрольной

группе 26,5 %). В опытной группе была выше и концентрация обменной энергии – 9,41 МДж на килограмм сухого вещества против 9,23 МДж в контроле.

*Таблица 2. Потребление питательных веществ и энергии бычками (3-й этап опыта)*

Группы	СВ, кг	СП, г	ОЭ, МДж	КОЭ
Контрольная	3,746	544	34,57	9,23
% к предш. этапу	79,23	90,97	66,13	83,45
Опытная	3,315	461	31,19	9,41
% к контролю	88,49	84,74	90,22	101,95
% к предш. этапу	70,11	77,09	90,22	86,08

Примечание: здесь и далее – СВ – сухое вещество, СП – сырой протеин, ОЭ – обменная энергия, КОЭ - (концентрация обменной энергии, ОЭ/сухое вещество, МДж/кг)

Но эти показатели были получены на фоне низкой общей питательности рациона и были недостаточны для получения 600 г среднесуточного прироста. Большее содержание силоса из козлятника восточного в рационе бычков контрольной группы способствовало не только повышению уровня сырого протеина в рационе бычков контрольной группы, но и лучшему развитию рубцовой микрофлоры, за счет высокого в нем процента аминного азота, что обеспечивало их более полноценным микробиальным белком (по полноценности приравняемого к животным белкам). Поэтому некоторое увеличение в рационе бычков опытной группы концентратов, при снижении количества силоса из козлятника, не скорректировало преимуществ большего использования силоса с меньшим введением концентратов в рацион бычков контрольной группы. По питательности рацион бычков контрольной группы также был недостаточным для получения более высокой интенсивности роста, но обеспечил прирост выше 600 г.

На 4-м этапе работы была повышена общая питательность рациона и в большей степени в опытной группе. В соответствии с действующими нормами кормления молодняка крупного рогатого скота на откорме, рацион по питательности соответствовал нормам кормления для бычков с живой массой 170 - 185 кг и приростом 1000 г в сутки (Нормы и рационы ..., 2003). В рецептуру комбикорма корректирование не вносилось. Коррекцию проводили за счет отдельных компонентов рациона. В рационе бычков контрольной группы было увеличено количество силоса из козлятника до 14 кг, концентратов до 2 кг, в опытной группе соответственно – до 9 и 3 кг. Сено бычки в обеих группах получали по 1,2 кг и по 400 г патоки. В опытной группе питательность рациона была несколько ниже, чем для бычков контрольной группы (таб. 3).

Таблица 3. Потребление питательных веществ и энергии  
(четвертый этап опыта)

Группы	СВ, кг	СП, г	ОЭ, МДж	КОЭ, МДж/кг
Контрольная	6,059	823	42,00	6,37
% к предш. этапу	161,75	131,70	121,49	67,69
Опытная	5,844	790	42,99	7,36
% к контролю	96,45	95,99	102,36	115,54
P <	0,098	0,037		
% к предш. этапу	156,73	171,37	137,83	79,74

Повышение потребления питательных веществ в контрольной группе по сравнению с предыдущим этапом, естественно, повысило интенсивность роста бычков до  $889 \pm 78$  г (табл. 1), что составило 131,7 % по отношению к предшествующему этапу работы. В опытной группе увеличение потребления питательных веществ по сравнению с предшествующим этапом компенсировало отставание в росте на предыдущем этапе и среднесуточный прирост живой массы достиг  $1212 \pm 32$  г, что составило 136,3% по отношению к приросту в контрольной группе ( $P < 0,005$ ) и 268,7 % по отношению к предшествующему периоду (табл. 1).

Несмотря на несколько меньшее потребление сухого вещества (на 3,6 %) и сырого протеина (на 4,0 %) концентрация обменной энергии в рационе бычков опытной группы была выше на 2,4 % и в этой группе был выше прирост живой массы. После низкой интенсивности роста на третьем этапе опыта, вследствие недостаточного питания, при доведении питательности рациона до соответствующей нормы отмечено явление компенсаторного роста. Как и на втором этапе, бычки резко повысили продуктивность. Аналогичные результаты были получены в опыте Игнатова и др. (2003). При скудном кормлении животные (до постановки на опыт) давали даже отвес. При доведении рациона до нормы, соответствующей планируемому приросту, и в опытных группах после повышения содержания энергии за счет дополнительного введения патоки был получен относительно высокий прирост живой массы.

В конце данного этапа был проведен балансовый опыт, результаты которого показали, что в опытной группе при меньшем потреблении сухого вещества и азота корма, по сравнению с бычками контрольной группы, показатели переваривания и усвоения азота были выше. Выше была и продуктивность бычков.

На 5-м этапе животным опытной группы ввели новый кормовой фактор. Обе созданные группы, после перестановки двух животных, стали иметь равную интенсивность роста. Эта перестановка была предпринята еще и для того, чтобы выяснить период времени, в течение которого животные способны сохранить накопленный ранее высокий потенциал роста при переводе на кормление, обеспечивающее меньшее поступление в желудочно-кишечный тракт пластических веществ, в т.ч. и аминокислот корма в кишечник и далее в кровь, оттекающую от него. С другой стороны, эта перестановка дала возмож-

ность проследить и за реализацией животными их потенциальной способности к компенсаторному росту. Это было удобно проверить при переводе бычков с более низкой интенсивностью роста на кормление, способствующее повышению интенсивности роста.

Разница в кормлении бычков по группам (табл. 4) заключалась в том, что в рацион бычков опытной группы вводили высокопротеиновые корма с низким содержанием расщепляемого в рубце протеина. Глютен кукурузный содержал 85 % нерасщепляемого протеина, шрот соевый – 60 %, в то время как в шроте подсолнечном содержалось 25 % нерасщепляемого в рубце протеина. К тому же глютен кукурузный богат метионином, а соевый шрот относится к высоколизиновым кормам. Поэтому, введя эти компоненты, мы снизили в комбикорме уровень расщепляемого протеина (63 % против 71 % в контроле), чем повысили не только общее поступление аминокислот в кровь, оттекающую от тонкого кишечника, но и аминокислот, лимитирующих биосинтез мышечных белков, метионина и лизина. Для микроорганизмов рубца предпочтительнее осуществлять синтез аминокислот своего тела из азота органических веществ, чем из синтетических азотистых. Снижение за счет нерасщепляемого протеина доступности метионина для микроорганизмов влечет за собой и снижение доступности серы. Учитывая этот факт, комбикорм для подопытных бычков был дополнительно обогащен элементарной серой.

Рацион бычков обеих групп состоял из сена злакового 1,6 кг, силоса из козлятника восточного 10 кг, комбикорма 4 кг, который в рационе составлял от уровня энергии 52,4 %. Комбикорм для бычков контрольной группы состоял из: ячменя (50,8 %), пшеницы, отрубей пшеничных и шрота подсолнечного (по 15 %), поваренной соли 0,9, известняковой муки 1,2 и премикс 1 % и содержал 880 г сухого вещества, 136 г сырого протеина и 9,81 МДж обменной энергии. Состав комбикорма бычков опытной группы: ячмень - 58,9 %, пшеница и отруби пшеничные по 15 %, глютен кукурузный 3 %, шрот соевый 5 %, сера элементарная 0,02 %, поваренная соль, известняковая мука, премикс, как в комбикорме контрольной группы, и он содержал 868 г сухого вещества, 139 г сырого протеина и 9,65 МДж обменной энергии. В комбикорме опытной группы было несколько больше (на 1,0 %) сырого протеина, но меньше сухого вещества (на 0,6 %) и обменной энергии (на 1,1 %). Потребление питательных веществ и обменной энергии представлены в таблице 4.

*Таблица 4. Потребление питательных веществ и энергии*

Группы	СВ, кг	СП, г	ОЭ, МДЖ	КОЭ, МДж/кг
Первый месяц опыта				
Контрольная	6,876	943	67,44	9,81
% к предш. периоду	113,48	114,58	160,57	154,00
Опытная	6,832	953	66,75	9,77
% к контролю	99,36	101,06	98,908	99,59
% к предш. периоду	116,91	120,63	155,27	132,74
Балансовый опыт				

Контрольная	7,399	1024	69,30	9,37
% к предш. периоду	132,48	136,33	176,91	145,37
Опытная	7,222	1026	67,51	9,35
% к контролю	97,78	100,18	97,59	99,76
% к предш. периоду	134,31	142,28	168,67	125,54
Заключительный этап				
Контрольная	8,588	1144	79,62	9,27
% к предш. периоду	115,96	111,72	114,89	98,93
Опытная	8,548	1137	79,39	9,25
% к контролю	99,53	99,39	99,71	100,22
% к предш. периоду	118,36	110,82	117,60	99,36

Увеличение в рационе доли нерасщепляемого протеина снижает доступность азотистых веществ для рубцовой микрофлоры, сдерживая ее развитие. Свиридова с соавторами (2002) показали, что снижение в рационе уровня расщепляемого протеина за счет введения кормов с большим содержанием нерасщепляемого протеина ведет к снижению продуктивности откармливаемых бычков. Для получения высокой продуктивности необходимо не только повысить поступление протеина в кишечник, увеличить всасывание в кровь аминокислот, но и следует вводить корма и компоненты, поддерживающие жизнедеятельность микрофлоры рубца (Мещеряков, 2002). Протеин силоса из козлятника восточного, богатый амидным азотом, способствовал развитию рубцовой микрофлоры, а для лучшего ее развития (синтеза серосодержащих аминокислот микробиального белка) в комбикорм включали минеральную серу. Оказалось, что только при таком комплексном подходе можно добиваться высокой продуктивности (Коровяцкий и др., 2004).

Высокий уровень кормления и сбалансированность рациона по основным питательным веществам обеспечили высокую интенсивность роста бычков в обеих группах, но в опытной группе интенсивность роста была выше. В опыте Галлиева, Бибарсова (2002) также говорится о необходимости сбалансированности рациона по питательным веществам для достижения высокой интенсивности роста.

Интересно было проследить индивидуально по животным динамику прироста живой массы в связи с уравниванием групп по интенсивности роста перед началом данного этапа опыта, так как двух бычков с наибольшей интенсивностью роста перевели из опытной в контрольную группу и, наоборот, с наименьшими привесами перевели из контрольной в опытную (табл. 5).

*Таблица 5. Продуктивность бычков (пятый этап опыта)*

Бычки, группы	Периоды учета интенсивности роста бычков, мес.			За весь этап (2,5 месяца)	
	предшествующий	1	2		3
из опытной	1241	1468	1069	1195	1275
контрольной (по 3-м животным)	942	1312	1106	1380	1272
В среднем	1062±103	1374±54	1091±66	1306±60	1273±25

% предш. периоду		129,38	102,73	122,98	119,77
Из контрольной	808	1549	1273	1278	1395
опытной (по 3-м животным)	1192	1656	1030	1320	1377
В среднем	1039±98	1613±61	1127±86	1303±81	1384±24
% к контролю	97,83	117,40	103,30	99,77	108,72
P<	0,875	0,019	0,747	0,982	0,012
% к предш. периоду		155,25	108,47	125,41	133,21

Данные таблицы свидетельствуют, что в обеих группах повышение потребления питательных веществ и энергии с кормом, по сравнению с таковыми в предшествующем этапе опыта, значительно повысило интенсивность роста (по отношению к предшествующему этапу в контрольной на 29, в опытной группе на 55 %). Наибольшая разница (межгрупповая и межэтапная) была зафиксирована в первый месяц. Животные, переведенные из опытной группы в контрольную, сохранили потенциал высокой продуктивности, приобретенный в предыдущем этапе, и их прирост живой массы был на 13,8 % выше, чем у других животных в этой группе. По периодам учета живой массы прирост ее у бычков, поступивших из опытной группы, по отношению к оставшимся в контрольной группе, составил: 111,9 %, 96,7 и 86,6 % (за весь этап – 100,2 %).

Животные же с более низкой продуктивностью, переведенные из контрольной группы в опытную, практически двукратно повысили прирост живой массы по сравнению с предшествующим этапом, несмотря на то, что именно эти животные в группе не достигли уровня продуктивности остальных бычков опытной группы. Однако эти же животные, по сравнению с оставшимися в контрольной группе бычками, увеличили прирост на 18,1 % и у них медленнее происходил спад интенсивности роста, чем у бычков, переведенных из опытной в контрольную группу. По периодам учета живой массы прирост ее у бычков, поступивших из контрольной группы, относительно оставшихся в опытной группе, составил: 93,5 %, 123,6 и 96,8 % (за весь период – 101,3 %).

Во втором и третьем месяцах данного этапа преимущество в приросте нивелировалось и в итоге за весь период данного этапа интенсивность роста бычков внутри групп сравнялась, и среднесуточный прирост бычков опытной группы достоверно превосходил таковой в контрольной группе на 8,7 % (дополнительно по 7,9 кг от каждого животного). Живая масса в контрольной группе достигла 296,5 и в опытной 307,6 кг (табл. 5). Однако бычки с меньшей интенсивности роста, переведенные в группу, где животные получали рацион с меньшим содержанием расщепляемого протеина, т.е. у них было большее поступление с кормом аминокислот в кишечник и в кровь (больше пластических веществ для наращивания мышечной массы), в первый месяц опыта повысили интенсивность роста на 92 % по сравнению с предшествующим периодом. На втором месяце опыта эти животные, по сравнению с бычками, оставшимися в опытной группе, повысили прирост на 23,6 %, в то время как бычки, переведенные в контрольную группу, по сравнению с оставшимися в контрольной группе животными, дали отвес на 3,3 %. Эти данные свидетельствуют о том, что бычки с повышенным потенциалом продуктивности, переве-

денные в группу с более низким поступлением в их организм аминокислот, сохраняют некоторое время (1 месяц) высокий потенциал продуктивности, затем продуктивность у бычков по группе выравнивается. При переводе бычков с более низким потенциалом продуктивности на кормление, обеспечивающее большее поступление аминокислот в их организм (более полноценное кормление), повышенный потенциал продуктивности у них сохранялся в течение двух месяцев опыта.

За двенадцать дней до проведения балансового опыта в рационе бычков увеличили количество силоса до 12,5 кг, и во время балансового опыта бычки контрольной группы потребили в среднем на голову в сутки 1,5 кг сена злакового, 10,6 кг силоса из козлятника восточного и 3,96 кг комбикорма. В опытной группе - 1,3 кг сена, 10,6 силоса и 3,95 комбикорма. Потребление корма в опытной группе было ниже по сравнению с контрольной (табл. 6). Вместе с тем, потребление корма в обеих группах было значительно выше по сравнению с предшествующим этапом. Этот факт, а также большее поступление в кишечник протеина, а, следовательно, суммы аминокислот и в ней лизина и метионина в кровяное русло, с одновременным поддержанием условий для роста микроорганизмов рубца, позволили получить больший прирост живой массы у бычков опытной группы.

*Таблица 6. Продуктивность бычков на заключительном этапе опыта*

№№ бычков	Периоды учета интенсивности роста бычков, этапы			За опыт (146 дней)
	предшествующий (2,5 месяца)	заклучительный (19 дней)	предшествующий + заключительный (90 дней)	
Контрольная	1273±25	1513±105	1328±36	1320
% 1	119,77	118,85	125,05	
Опытная	1384±24	1376±74	1382±27	1388
% к контролю	108,72	90,95	104,07	105,15
P<	0,012	0,315	0,260	
% 1	133,21	99,42	133,01	

Возник вопрос длительности сохранения полученного эффекта большего прироста у бычков опытной группы. Для ответа на него был проведен 6-й заключительный этап работы, в котором бычков опытной группы перевели на рацион контрольной группы. В этом этапе в среднем в сутки бычки получали сена злакового 2,5 кг, силоса злакового 9,9 кг и 5 кг комбикорма (61,6 % по обменной энергии). Рецептура комбикорма в обеих группах была аналогична, т.е. источником протеина был подсолнечный шрот, содержащий высококачественный в рубце протеин.

Бычков контрольной группы содержали на прежнем рационе. Изменялось только количество кормов в связи с увеличением возраста, живой массы и прироста бычков. В противоположность этому, бычкам опытной группы были изменены условия кормления. После рациона, обеспечивающего большее по-

ступление в кровяное русло из желудочно-кишечного тракта продуктов гидролиза протеина, которые использовались для синтеза мышечных белков и наращивания мышечной массы, бычки стали получать равное количество питательных веществ с бычками контрольной группы, при том, что был использован рацион с повышенным содержанием (71 %) расщепляемого протеина в рубце.

По всей вероятности, бычки опытной группы испытывали метаболический стресс. И не только бычки. Микрофлоре рубца, приспособившейся за длительное время функционирования в определенных условиях, также необходимо было адаптироваться к новым условиям существования. В связи с этим бычки контрольной группы повысили прирост живой массы по сравнению с предшествующим этапом почти на 19 %. Интенсивность роста бычков опытной группы осталась на уровне предшествующего этапа, но значительно уступала бычкам контрольной группы.

Возможно в случае продолжения опыта бычки опытной группы, приспособившись к новым условиям питания, смогли бы компенсационно повысить интенсивность роста. Но в целом за два последних этапа бычки опытной группы сохранили превосходство и их среднесуточный прирост живой массы тела был выше на 4 %. Заключительный этап опыта показал, что перевод животных на рацион, обеспечивающий меньшее поступление нутриентов для биосинтеза, был не в состоянии обеспечить увеличение интенсивности роста бычков предшествующего периода. Однако, на протяжении изученного нами отрезка времени, их продуктивность сохранялась на прежнем уровне. Заключительные этапы опыта еще раз подтвердили, что снижая в рационе содержание расщепляемого в рубце протеина с одновременным созданием условий для развития рубцовой микрофлоры, можно обеспечить высокую интенсивность роста бычков молочного направления продуктивности при выращивании их на мясо. Если перевести животных на кормление, обеспечивающее меньшее поступление аминокислот из кишечника в кровь, то они будут не в состоянии поддерживать интенсивность роста, достигнутую на предшествующем кормлении.

По завершении опыта был проведен контрольный убой бычков с проведением обвалки левой полутуши (табл. 7).

*Таблица 7. Морфологический состав туши бычков*

Показатели	Группы						% к контролю
	контрольная			опытная			
	1	2	3	1	2	3	
Туша с жиром, масса (кг)	174,00±5,7	167,5	178,3	176,94±4,2	168,0	182,9	101,7
Выход, %	53,97±0,34	54,5	53,6	54,63±0,62	54,3	54,9	101,2
Мякоти в туше, масса (кг)	128,19±3,8	124,2	130,9	131,57±3,9	122,7	137,5	102,6

процент	76,92±0,36	77,7	76,4	77,50±0,58	76,3	78,3	100,8
Костей в туше, масса (кг)	38,51±1,66	35,7	40,4	38,10±0,66	38,1	38,1	98,9
процент	22,88±0,52	21,9	23,6	22,50±0,58	23,7	21,7	98,3
Обмускуленность, %	39,78±0,34	40,4	39,4	40,61±0,60	39,7	41,2	102,1
Индекс мясности	3,34±0,07	3,5	3,2	3,46±0,12	3,2	3,7	103,6
Масса внутреннего жира	7,22±0,56	7,4	7,1	7,26±0,40	7,0	7,3	100,6
Отношение мякоти к жиру	18,13±1,31	17,2	18,7	18,28±1,07	17,2	19,0	100,8

Примечание: группа 1 – данные в среднем по группе, группа 2 – данные по бычкам, переведенным из другой группы, группа 3 – данные по бычкам, оставшимся в группе.

Если принять во внимание, что в первом и третьем этапах была очень низкая интенсивность роста, а второй этап был очень непродолжительным, то условно можно принять, что на протяжении всего периода выращивания фактически мы имели дело с двумя сравниваемыми группами. В итоге получилось, что за весь эксперимент разница в интенсивности роста между этими двумя группами составила 5 %, или 10 кг живой массы на бычка (табл. 6).

Результаты опыта и контрольного убоя показали, что в опытной группе была выше не только интенсивность роста (выше среднесуточный прирост на 4 %), но и качественные показатели туш. У них был выше выход туши при большем содержании в ней мякоти (на 3,4 кг). Видимо, низкая интенсивность роста в начале опыта наложила отпечаток и на морфологический состав туш. Контрольный убой также показал, что, несмотря на имевшее место некоторое снижение прироста у бычков опытной группы в заключительном периоде, по-видимому, мясные качества, сформировавшиеся в периоды наивысшей интенсивности роста (за четвертый и пятый этапы), у этих животных сохранились. Это заключение подтверждается на примере бычков с большей интенсивностью роста, переведенных из опытной группы в контрольную. У этих бычков был выше, чем у остальных бычков контрольной группы, индекс мясности туши. У бычков с меньшей интенсивностью роста, переведенных из контрольной группы в опытную, был хуже, чем у остальных бычков опытной группы, комплекс показателей, характеризующих количественные и качественные показатели туши. Более низкие результаты мясных качеств туш этих животных снизили усредненные показатели в опытной группе. Характеристики мясных качеств туши у этих бычков не были лучше, чем у бычков, оставшихся в контрольной группе. Можно предположить, что бычки, переведенные из опытной группы с высоким потенциалом продуктивности, получая с рационом, рассчитанным на высокую продуктивность, достаточно нутриентов и энергетического материала для наращивания мышечной массы, экономно использовали компоненты мышечной ткани для обеспечения организма энергией, аминокислотами, углеводами. В этих условиях обмен веществ наращенной

мышечной массы должен был происходить с меньшей степенью деградации белка, что позволило именно у этих бычков в контрольной группе получить больше мышечной массы, чем у остальных бычков в этой группе. Показатели бычков, переведенных из опытной группы, повысили усредненные мясные характеристики бычков в контрольной группе.

Несмотря на резкое повышение интенсивности роста, бычки, переведенные из контрольной группы с наименьшей интенсивностью роста, не смогли повысить качественные характеристики туш за период выращивания на кормах, используемых бычками опытной группы (особенно бычок, переведенный с наименьшим среднесуточным приростом на тот период). Индивидуальные значения показателей, характеризующих качество туши, по этим двум бычкам снизили общие показатели этих критериев по опытной группе. Из этого вытекает, что сдерживание интенсивности роста недостаточным кормлением можно компенсировать улучшением кормления, но интенсивность наращивания мышечной массы корректируется в меньшей степени или же это произойдет за более длительный отрезок времени.

Фомичев (1980) предлагает дифференцировать в производственных условиях потери продуктивности откармливаемого молодняка в связи с действием психофизических нагрузок в первом периоде выращивания на «восполняемые» и «невосполняемые» в течение второго периода. Им выявлена закономерность, свидетельствующая о большем негативном воздействии неблагоприятных факторов внешней среды и о росте «невосполнимых» потерь продуктивности, если неблагоприятные факторы имеют место в конце технологического цикла откорма животных. В этих случаях потери живой массы могут достигать серьезной величины - 10 - 15 %. В нашем случае в завершении опыта при смене условий питания в опытной группе среднесуточный прирост живой массы был ниже, чем в контроле на 9 %.

Поэтому при интенсивном выращивании бычков с начала опыта можно было бы получить туши с более высокими характеристиками мясных качеств при использовании в кормлении бычков высокопротеиновых кормов с повышенным содержанием нерасщепляемого протеина и наиболее важных для формирования мышечной массы аминокислот, с одновременным поддержанием микробиальных процессов рубца. Подтверждением этого может служить ранее проведенный нами опыт с использованием в кормлении бычков протеина с пониженной расщепляемостью его в рубце, в котором получено мякоти на 8,9 кг больше, чем от бычков контрольной группы (Матвеев и др., 2001).

По результатам проведенного опыта рассчитаны затраты питательных веществ на единицу продукции (табл. 8).

Как видно из цифрового материала, представленного в таблице 8, отмечается общая закономерность – с увеличением прироста снижаются затраты корма и питательных веществ на единицу продукции. Эта же закономерность сохраняется и в заключительном периоде, несмотря на высокую интенсивность роста бычков. В опытной группе при снижении интенсивности роста по сравнению с контрольной соответственно снизилась и оплата корма (табл. 8,

этап 6). С возрастом животных увеличиваются затраты на единицу продукции. Если отнести затраты корма не просто на прирост живой массы, а на фактически полученную мышечную массу туши, то выгодность интенсивного выращивания бычков будет выглядеть еще внушительней. С увеличением доли концентратов, при снижении общей питательности рациона, увеличиваются затраты концентрированных кормов, питательных веществ и обменной энергии на единицу продукции (табл. 8, этап 3).

*Таблица 8. Затрата корма и питательных веществ на единицу получаемой продукции*

Этап	Группа	Затраты кормов и питательных веществ					Обменная энергия, МДж
		Прирост, г	Концентрация корма, кг	Силос, кг	Сухое вещество, кг	Сырой протеин, г	
1		402	4,863		8,575	1003	90,35
2	К	1011	2,995		4,677	592	51,71
	Оп	1089	2,753		4,342	549	48,01
	%	107,7	91,92		92,84	92,74	92,85
3	К	675	1,428	12,966	5,550	730	51,22
	Оп	451	2,960	11,191	7,350	1023	69,16
	%	66,8	207,28	86,31	132,43	140,14	135,03
4	К	889	1,694	10,093	6,815	926	42,24
	Оп	1212	1,843	4,728	4,822	642	34,92
	%	136,2	108,80	47,08	70,76	69,33	82,18
5 (начало)	К	1374	2,911		4,997	686	49,08
	Оп	1613	2,476		4,236	591	41,38
5 (баланс)	%	117,4	85,06		84,77	86,15	84,31
	К	1262	3,140		6,361	889	58,88
	Оп	1434	2,753		5,474	784	50,57
6	%	113,6	87,61		86,06	88,19	85,82
	К	1513	3,299		5,676	756	52,63
	Оп	1376	3,634		6,212	826	57,70
	%	91,0	110,16		109,44	109,26	109,65

Примечание: К – контрольная группа, Оп – опытная группа, % - процент к уровню в контрольной группе. В первом этапе разделений на группы не было.

### **Заключение**

При выращивании бычков молочных пород на мясо на рационах, обеспечивающих 400 – 450 граммов среднесуточного привеса, на единицу произведенной говядины затрачивается практически ровно в 2 раза больше сухого вещества, сырого протеина и обменной энергии, чем при выращивании бычков с привесом 1000 – 1100 граммов в сутки. Соответственно удваиваются и сроки доведения животных до требуемых весовых кондиций, ухудшается качество говядины, снижается вдвое оборот скотомест и почти удваивается

зарплата обслуживающему персоналу. Недостаточный по питательности рацион исключает возможность рентабельности технологии производства говядины на молочно-товарных фермах, вследствие низкой интенсивности роста откармливаемых животных.

Снижение в рационе, соответствующем рекомендуемым нормам кормления, расщепляемого в рубце протеина с 71 до 63 %, путем использования кормов с повышенным содержанием нерасщепляемого в преджелудках протеина, одновременно богатых лизином и метионином, и с включением элементарной серы, благоприятствующей нормальному функционированию рубцовой микрофлоры, способствует большему поступлению в кишечник продуктов для гидролиза. Продукты гидролиза, активно всасываясь из кишечника в кровяное русло, и обеспечивая пул необходимых субстратов для интенсификации обмена веществ, повышают скорость роста животных и активность синтеза мышечных белков, увеличивая массу мякотной части туши.

По затратам кормов и питательных веществ на единицу получаемой продукции (табл. 8) можно сформулировать следующую выявленную закономерность – с повышением среднесуточного прироста живой массы откармливаемых на мясо бычков молочных пород на 10 %, также на 10 % снижаются и затраты питательных веществ рациона на производство единицы говядины.

Анализ полученных в опыте сравнительных данных по интенсивности роста бычков, качественным характеристикам туш убитых животных, затратам концентратов, питательных веществ и обменной энергии на единицу продукции позволяет заключить, что выращивание молодняка крупного рогатого скота биологически и экономически целесообразно проводить в интенсивном режиме от начала выращивания и до конца откорма, без временных снижений уровня кормления в надежде на последующее наверстывание упущенного во время так называемого компенсаторного роста. Данное заключение может быть адресовано хозяйствам, занимающимся выращиванием на мясо и откормом молодняка крупного рогатого скота.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Амерханов Х. Мясное скотоводство Канады. Молочное и мясное скотоводство. 2004. 6: 8-9.
2. Галиев Б.Х., Бибарсов М. Мясная продуктивность и качество мяса бычков герефордской породы при разной сбалансированности рационов. Вестник мясного скотоводства. Мат. Всероссийской научно-практической конференции. Оренбург. 2002. 55: 76-79.
3. Еримбетов К.Т., Галочкина В.П. Мясная продуктивность бычков холмогорской и герефордской пород. Зоотехния. 2005. 8: 21-22.
4. Игнатов А.В., Алфимцева Г.М., Агафонов В.И. Мясная продуктивность бычков на рационах с разным энерго-протеиновым отношением. Зоотехния. 2003. 2: 13-15.
5. Калашников В., Левахин В. Мясное скотоводство и пути его развития в России. Молочное и мясное скотоводство. 2004. 6: 2-5.

6. Калашников В., Амерханов Х. Состояние и перспективы производства говядины в России. Молочное и мясное скотоводство. 2005. 6: 3-7.
7. Кальницкий Б.Д. Современные подходы к оценке питательности корма и нормирования питания жвачных животных. Стратегия развития животноводства России – XXI Век. Ч. 1. М.: 2001: 130 -141.
8. 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 ВНИИФБиП с.- х. животных. Боровск. 2004: 84-196.
9. Кусакин И. Альтернативы мясному скотоводству нет. Животноводство России. 2004: 6-7.
10. Лисицин А.Б., Татулов Ю.В. Современные подходы к стандартизации скота и мяса. Зоотехния. 2003. 2: 29 -32.
11. Матвеев В.А., Галочкина В.П., Баранова И. А. и др. Параметры обмена веществ и показатели мясной продуктивности у бычков при использовании кормов с пониженной распадаемостью в рубце протеина и крахмала. Сборник научных трудов.: Современные проблемы биотехнологии и биологии продуктивных животных. Боровск. 2001: 3-13.
12. Матвеев В.А., Галочкина В.П., Баранова И.А. Функциональная активность инсулярного аппарата поджелудочной железы у бычков герефордской и холмогорской пород. Сборник научных трудов ВНИИБиП с.-х. ж.-х. Боровск. 2000: 269-280.
13. Матвеев В.А., Галочкина В.П., Еримбетов К.Т., Баранова И.А., Дворецкая Т.Н., Ельченинов Г.М. Использование кукурузного глютенa в комбикормах молодняка крупного рогатого скота в период откорма. Новое в приготовлении и использовании комбикормов и балансирующих добавок.: Мат. Науч.-практич. конф. Дубровицы. 2001: 66-68.
14. Мещеряков А.Г. Влияние распадаемости протеина и энергетической обеспеченности рациона на жизнедеятельность микрофлоры рубца. Вестник мясного скотоводства. Мат. Всероссийской научно-практической конференции. Оренбург. 2002: 174-177.
15. Мегель С.С., Егоров С.В., Фомин С.М. Эффективные технологии в животноводстве Сибири. Сборник научных трудов РАСХН, Новосибирск. 2003. 119-126.
16. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие под ред. Калашникова А.П., Фисинина В.И., Щеглова В.В., Клейменова Н.И. Москва. 2003: 455с.
17. Свиридова С., Дмитриев И., Джуламанов Б. Протеино-минеральные концентраты – резерв увеличения производства говядины. Молочное и мясное скотоводство. 2002, 5: 16-19.
18. Туракулов З.Т., Маматкулов А.М., Валиев Р.У. Интенсивное выращивание и откорм бычков черно-пестрой породы. Аграрная наука. 2002. 3: 18-19.

19. Черкаев А.В. Увеличение производства говядины в молочном скотоводстве. Стратегия развития животноводства России – XXI Век. Ч. 1. М.: 2001: 100-107.
20. Фомичев Ю.П. Регуляция роста и мясной продуктивности молодняка крупного рогатого скота в условиях промышленной технологии. Автореф. дис... д.б.н., Боровск. 1980: 40с.

### **ВЛИЯНИЕ КОРМОВ С НИЗКОЙ РАСПАДАЕМОСТЬЮ ПРОТЕИНА В РУБЦЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОТКАРМЛИВАЕМЫХ БЫЧКОВ**

*В.Ф. Сухих, В.П. Галочкина*  
Лаборатория иммунобиотехнологии

*При введении в рацион откармливаемых на мясо бычков кормовых средств, содержащих повышенное количество труднораспадающегося в рубце протеина (71 % в сравнении с 63 % в контроле), наблюдалось повышение мясной продуктивности животных и некоторая перестройка структуры неспецифической резистентности и иммунологического статуса животных, выражающаяся в увеличении общей бактерицидной активности, уровне лизоцима, активности бета-лизинов и концентрации иммуноглобулинов класса G.*

#### **Введение**

Степень распадаемости протеина в рубце жвачных, в частности у коров, интенсивно исследуется в институте последние двадцать лет. В сборнике научных трудов института 1989 г, посвященном вопросам протеинового питания и продуктивности жвачных животных, большое место отводится изучению влияния труднорасщепляемого в рубце протеина на продуктивность. Экспериментально была определена (Курилов, Девяткин, 1989) степень распадаемости протеина в отдельных кормах (сено различной технологии сушки, силос, шрот подсолнечный, свекла кормовая) и в комбикормах различного состава и качества (Рахимов, Вторых, 1989).

Было показано, что изменением состава комбикорма с учётом распадаемости протеина в рубце возможно влиять на продуктивность молочных коров и на биосинтез компонентов молока в молочной железе (Овчаренко и др., 1989). При этом ни численность микроорганизмов в рубце, ни их биосинтетическая активность при снижении распадаемости протеина рациона существенно не изменяются (Долгов, 1989). Повышение молочной продуктивности (иногда до 12,6 %) объясняют в этом случае увеличением притока аминокис-

лот из пищеварительного тракта в ткань молочной железы. В литературе отмечается (Курилов, Девяткин, 1989, Рахимов, Вторых, 1989), что снижение распадаемости протеина отдельных компонентов рациона приводит к снижению распадаемости в рубце протеина всего рациона, вследствие чего повышается молочная продуктивность. В качестве возможных способов снижения распадаемости протеина в рационе Рахимов, Вторых (1989) указывают на достаточность введения в рацион определённых кормов (кукуруза, глютен) и замены части рациона травяными брикетами.

В отличие от молочных коров, влияние снижения распадаемости протеина рациона на продуктивность растущих и откармливаемых бычков исследовано недостаточно. Однако в работе, проведенной в нашем институте на оперированных бычках, было количественно оценено увеличение потока аминокислот из кишечника в кровь при введении в рацион кормов с пониженной распадаемостью протеина в рубце (Погосян, 1992). В свою очередь, большее поступление аминокислот в кишечник и далее в кровь обеспечивает повышение биосинтеза мышечных белков, что увеличивает количество и качество продукции.

Проблемы общей неспецифической резистентности и иммунной защиты организма животных в связи с использованием в кормлении животных кормов с повышенным содержанием нерасщепляемого в рубце протеина совершенно не рассматривались в исследованиях, описанных в литературе. Общеизвестно, что высокая интенсивность роста создает определенную напряженность обменных процессов в организме животных за счет интенсификации скорости и изменения направленности метаболических потоков. Эти процессы требуют мобилизации дополнительных внутренних ресурсов организма, иницируемых и направляемых нервной и эндокринной системами. Естественно, данные изменения не могут не вызывать адекватной ответной реакции и со стороны иммунной системы, поскольку никто не умаляет значимость иммунологического обеспечения процессов роста и развития молодняка сельскохозяйственных животных. К факторам, в наибольшей степени причастным и ответственным за развитие иммунитета по гуморальному пути, относятся Т-лимфоциты, В-лимфоциты и макрофаги. Вырабатываемые ими многочисленные медиаторы являются абсолютно необходимыми для реализации межклеточного взаимодействия и усиления эффекторных функций как самих Т- и В-лимфоцитов в конкретных иммунных реакциях организма животного, так и для непосредственного участия в процессах регуляции метаболизма, вплоть до синтеза и спецификации функционирования антиидиотипических антител. В литературе имеется немало сведений о высокой прямой коррелятивной зависимости между скоростью роста животных и активностью лизоцима в сыворотке крови, а также между иммунологическими показателями и рядом продуктивных признаков сельскохозяйственных животных. В работах указывается также на тесную зависимость общего состояния неспецифических защитных сил организма от количественных значений таких показателей, как бактерицидная

активность крови, активность лизоцима, концентрация иммуноглобулинов (Дорофейчук 1968, Бухарин, Фролов, Бем, 1987).

Взаимосвязь распадаемости протеина в преджелудках и продуктивности откармливаемых на мясо бычков в настоящее время недостаточно изучена. Совершенно вне поля зрения осталось и выяснение взаимосвязи интенсивности функционирования иммунитета и системы неспецифической резистентности при изменении распадаемости протеина корма. В связи со сказанным в настоящей работе данные вопросы и были поставлены для изучения.

### **Материалы и методы**

Работа выполнена в виварии института на 20 бычках холмогорской породы в период доразивания и откорма. Для адаптации животных к условиям содержания, приучения к максимальному потреблению сена и силоса и доведения среднесуточного прироста до 900 – 1000 г каждому основному опыту предшествовал предварительный период. Всего проведено два опыта по 10 бычков в каждом. Опыты имели свои особенности вследствие различий в возрасте бычков и среднесуточном приросте живой массы тела. Кормление варьировали в соответствии с возрастом, живой массой и интенсивностью роста животных и рассчитывали на продуктивность 300 – 400 кг живой массы и 1000 1200 г среднесуточного прироста. Комбикорм в обоих опытах готовили на ячменно-пшеничной основе.

Первый опыт был проведен на бычках холмогорской породы в период с 10- до 15-месячного возраста. Рацион обеих групп содержал одинаковое количество сена, силоса и комбикорма, доля которого составляла 52 % по обменной энергии. В качестве источника протеина в комбикорм бычков контрольной группы был введен подсолнечный шрот, относящийся к кормам с низким содержанием расщепляемого в рубце протеина, в количестве 18 %. В комбикорм опытной группы включали 10 % глютен кукурузного. Содержание сырого протеина в комбикормах обеих групп было равное и составляло 136 г/кг. Содержание расщепляемого в рубце протеина составило в контрольной группе 72,02 %, в опытной – 56,24 %.

Во втором опыте, проведенном также на бычках холмогорской породы в возрасте 9 – 13 месяцев, рацион обеих групп состоял также из равного количества сена злакового, силоса из козлятника восточного и комбикорма. Доля обменной энергии комбикорма от обменной энергии рациона составляла 62 %. Как и в первом опыте, источником протеина в комбикорме бычков контрольной группы был подсолнечный шрот, в опытной группе в качестве источника нерасщепляемого в рубце протеина были включены глютен кукурузный 3 % и соевый шрот 5 %. В контрольной группе содержание расщепляемого в рубце протеина составило 71 %, в опытной – 63,4 %. Это позволило увеличить среднесуточный прирост живой массы животных при снижении затрат протеина и обменной энергии.

В качестве критериев иммунологического состояния организма использовали концентрацию иммуноглобулинов в сыворотке крови, активность лизоцима, бета-лизинов и общую бактерицидную активность. Лизоцим определяли, используя в качестве тест-культуры *Micrococcus lysodeicticus*, бета-лизины с помощью *Bacillus subtilis* (Дорофейчук, 1968), и общую бактерицидную активность по степени задержки роста культуры *E. coli* в среде, содержащей сыворотку крови подопытных животных (Бухарин и др., 1975). Иммуноглобулины класса G определяли иммунодиффузионным методом Манчини (Бем, 1987). Экспериментальный материал обрабатывали статистически с применением критериев Стьюдента.

### **Результаты и обсуждение**

Введение в рацион растущих бычков кормовых средств, содержащих трудно-расщепляемый в рубце протеин, позволило увеличить среднесуточный прирост живой массы тела при снижении затрат кормов и питательных веществ. В первом опыте за 98 дней опытного периода среднесуточный прирост составил  $1469 \pm 79$ , что на 6,5 % больше прироста в контрольной группе. При этом отмечено снижение затрат кормов и питательных веществ на единицу продукции. На килограмм прироста в опытной группе было затрачено 3,05 кг концентратов (93,6 % к контролю), 5,8 кг сухого вещества (91,1 %), 765 г сырого протеина (88,7 %) и обменной энергии 55,30 МДж (91,4 % к контролю). На фоне повышенной интенсивности роста возросла и функциональная активность иммунной системы по всем изучавшимся показателям. В опытный период эксперимента общая бактерицидная активность крови в первом опыте не менялась, а в заключительном периоде разница между опытом и контролем составила 12,9 %. Во втором периоде различие между группами в аналогичных условиях составило 5,9 % (табл. 1). Анализируя эти результаты можно заключить, что снижение распадаемости протеина в рубце существенно увеличивало активность лизоцима в крови растущих бычков (на 24,1-57,9 % в первом опыте и на 15,4-16,2 % во втором опыте), что, конечно же, сказалось и на росте продуктивности.

В проведённых нами опытах изменение уровня активности лизоцима положительно коррелировало с показателями продуктивности. В первом опыте дополнительный прирост живой массы составил 6,5 %, а количество мякоти в туше было больше, чем в контроле, на 8,9 кг (на 6,4 %). Во втором опыте результаты по продуктивности были ниже. За опыт среднесуточный прирост бычков опытной группы составил  $1382 \pm 27$  кг, что выше на 4,07 %, чем в контрольной группе. Содержание мякоти в туше бычков опытной группы было на 3,38 кг больше, что составило только 2,64 %. Эти данные вполне вписываются в объяснение взаимосвязи продуктивности животных с активностью лизоцима, как основного бактериолизирующего фактора в системе неспецифической защиты организма.

Уровень активности бета-лизинов в сыворотке крови бычков не имел такого чёткого различия между животными опытной и контрольной групп, как

по содержанию лизоцима. В период дорашивания различие в содержании лизоцима у бычков опытной и контрольной групп (первый опыт) составило 4,3 и 3,6 %. В заключительном периоде различие стало более выраженным и составило 10,8 и 10,0 % соответственно в первом и во втором опытах. Объяснение этому может заключаться в том, что бета-лизины – филогенетически более древний компонент неспецифической защиты организма, и потому требуются более сильные факторы регуляции, способные изменить сформировавшийся гомеостаз по этим критериям.

*Таблица 1. Показатели неспецифической резистентности и иммунитета в крови откармливаемых бычков при разном уровне распадаемости протеина в рационе*

Показатели	Группа	Периоды опыта		
		предварительный	дорашивание	заключительный
Первый опыт (РП: контроль – 72,02 %, опыт – 56,24 %)				
Общая бактерицидная активность, %	Контроль	38,9 ± 0,3	39,0 ± 0,3	39,4 ± 0,2
	Опыт	37,9 ± 0,3	38,7 ± 0,3	44,5 ± 0,5
Лизоцим, %	Контроль	11,0±0,3	10,8±0,4	11,4±0,4
	Опыт	11,0±0,5	13,4±0,3	18,0±11,1
Бета-лизины, %	Контроль	18,0±0,5	18,6±0,4	19,4±0,3
	Опыт	18,9±0,2	19,4±0,2	21,5±0,4
Имуноглобулины класса G, мг/мл	Контроль	13,3 ± 0,2	13,4 ± 0,2	13,1 ± 0,1
	Опыт	13,2 ± 0,2	14,1 ± 0,3	14,9 ± 0,2
Второй опыт (РП: контроль – 70,95 %, опыт – 63,4 %)				
Общая бактерицидная активность, %	Опыт	38,4 ± 1,5	38,2 ± 0,9	39,3 ± 0,5
	Контроль	38,2 ± 0,9	39,6 ± 0,5	41,6 ± 0,5
Лизоцим %	Опыт	12,4 ± 0,4	13,0 ± 0,8	13,6 ± 0,9
	Контроль	12,6 ± 0,4	15,0 ± 0,9	15,8 ± 0,8
Бета-лизины, %	Опыт	17,8 ± 0,3	17,9 ± 0,2	18,0 ± 0,3
	Контроль	17,8 ± 0,3	18,5 ± 0,4	19,8 ± 0,5
Имуноглобулины класса G, мг/мл	Опыт	10,6 ± 0,1	10,4 ± 0,4	10,3 ± 0,3
	контроль	10,3 ± 0,1	10,9 ± 0,2	11,6 ± 0,2

Примечание: РП – расщепляемый в рубце протеин.

Концентрация иммуноглобулина класса G в крови бычков на протяжении опытов, как и активность бета-лизинов, претерпела незначительные изменения. Различия концентрации в сравнении с контролем не превышало 13,7 % и также, как в случае с бета-лизинами, наибольшая степень различия наблюдалась в заключительный период опыта, когда индивидуальная масса животных превышала 350 кг. Это свидетельствует о незначительной изменчивости элементов молекулярного иммунитета при изменении уровня распадаемого протеина в рубце. При длительном скормливании рационов с более низкой распадаемостью протеина, концентрация иммуноглобулина класса G в крови бычков повышалась, хотя и несущественно.

В целом результаты проведенных двух опытов однозначно подтверждают тесную взаимосвязь интенсивности роста животных и интенсивности функционирования иммунной системы как одной из ведущих систем, стоящей на страже здоровья и соответственно продуктивности животных.

### **Заключение**

Конкретная цель настоящей работы состояла в определении показателей, количественно характеризующих функциональное состояние иммунной системы и отдельных интегральных элементов, ответственных за проявление неспецифической резистентности у растущих и откармливаемых бычков при варьировании степени гидролизуемости протеина рациона в преджелудках.

Введение в рацион интенсивно растущих бычков кормовых средств, содержащих повышенное по сравнению с контролем количество труднорасщепляемого в рубце протеина, приводило к росту мясной продуктивности животных и повышению показателей неспецифической резистентности и молекулярного иммунитета. Величина общей бактерицидной активности в этом случае повышалась на 12,9 %, уровень лизоцима в отдельные периоды откорма возрастал на 57,9 %, активность бета-лизинов увеличивалась на 10,8 %, концентрация иммуноглобулинов класса G также повысилась на 13,7 %. Таким образом, включение в рацион интенсивно растущих бычков кормов, содержащих труднорасщепляемый в рубце протеин, приводит к существенной перестройке структуры неспецифической резистентности и иммунологического статуса животных.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Курилов П.Н., Девяткин В.А. Эффективность использования кормов в зависимости от различного соотношения легко и труднорасщепляемого протеина в рационе коров. Протеиновое питание и продуктивность жвачных животных, Сб. науч. тр. Боровск, 1989, 36: 79-84.
2. Рахимов И.Х., Вторых Э.А. Комбикорма с пониженным расходом протеина в кормлении лактирующих коров, Протеиновое питание и продуктивность жвачных животных. Сб. науч. тр. Боровск, 1989, 36: 93-98.
3. Овчаренко Э.В., Нечипуренко Л.В., Мартынова А.С. Метаболизм и молокообразование у коров при различной обеспеченности доступным белком рациона, Протеиновое питание и продуктивность жвачных животных. Сб. науч. тр. Боровск, 1989, 36: 67-71.
4. Долгов И.А., Тараканов Б.В., Долгова М.С., Рахимов ИЛ. Микробиологические процессы в рубце и продуктивность коров при разной распадаемости протеина рациона, Протеиновое питание и продуктивность жвачных животных. Сб. науч. тр. Боровск, 1989, 36: 37-46.

5. Погосян Д.Г. Переваримость нерасщепляемого в рубце протеина различных кормов в кишечнике растущих бычков. Автореф. Канд. биол. Наук. Боровск, 1992: 24 с.
6. Дорофейчук В.Г. Определение активности лизоцима нефелометрическим методом. Лаб. дело, 1968, III: 28,.
7. Бухарин О.В., Фролов Б.А. И.П. Ускоренный метод определения бета-лизинов в сыворотке крови. Журнал микробиол., эпидемиол. и иммунол., 1972, 119: 42.
8. Бем. Э. Простая радиальная иммунодиффузия по Манчини. Иммунологические методы. М.: Мир, 1987: 49-57.
9. Козлов А.С. Влияние различных способов приготовления и скармливания кормов на использование азотистых веществ у лактирующих коров. Протеиновое питание и продуктивность жвачных животных. Сб. науч. тр. Боровск, 1989, 36: 84-87.

## **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КОРМЛЕНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И УРОВЕНЬ ГОРМОНОВ В КРОВИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

*В.П. Радченков, Е.Е. Комкова, Е.В. Бутров*  
Лаборатория эндокринной регуляции обмена веществ  
и продуктивности с.-х. животных

*Изучали влияние замены зерновых концентратов на травяные гранулы в рационах телок и нетелей на интенсивность их роста и функциональное состояние эндокринной системы. Существенных различий между группами животных по исследованным показателям при частичной (20% и 20%) и полной (40%) замене зерновых концентратов на травяные гранулы не установлено.*

### **Введение**

Рост, развитие и продуктивность животных находятся в тесной взаимосвязи с условиями кормления и с функциональным состоянием эндокринной системы. Ранее в своих исследованиях мы обнаруживали определенную положительную зависимость между живой массой растущих телок и нетелей и концентрацией в крови соматотропина, иммунореактивного инсулина, тироксина и кортикотропина (Радченков и др., 1985). Функциональное состояние эндокринной системы определяет направленность метаболических процессов, рост и продуктивность животных и находится под влиянием ряда факторов внешней и внутренней среды, важнейшими из которых являются уровень кормления, сезон года и физиологическое состояние животных. В доступной литературе мы не встретили четких сведений по гормональному статусу телок и нетелей при выращивании их на рационах с полной заменой зерновых кор-

мов растительными. Задачей исследований являлось изучение влияния условий кормления на уровень гормонов в крови телок и нетелей и продуктивность коров.

### **Материал и методы**

Работа выполнена сотрудниками института в 1986-1988 гг. в комплексе с сотрудниками отдела животноводства опытной станции «Калужская» на животных черно-пестрой породы с 6-мес возраста. В подготовительный период (20 дней) всех телок выдерживали на одинаковом сбалансированном рационе. Затем по принципу парных аналогов с учетом массы тела, среднесуточного прироста и возраста их распределили в две группы по 25 голов в каждой. В зимне-стойловый период рацион кормления телок и нетелей 1-й группы состоял из 20% зерновых концентратов (ЗК), 20% травяных гранул и 60% грубых и сочных кормов; во 2-й группе – 40% травяных гранул, 60% грубых и сочных кормов. В летний период все животные получали по питательности 30% травяных гранул и 70% злаково-бобовой травы на пастбище. В зимне-стойловый период содержание животных было беспривязным, групповым в боксах, поение из поилок.

Для оценки потенциальных резервов коры надпочечников в конце предварительного периода 6-месячным телкам провели функциональную нагрузку путем двукратного внутримышечного введения кортикотропина (АКТГ) в дозе 0,5 ед/кг живой массы с интервалом в 1 час. Перед этим определяли базальный уровень кортизола в крови за двое смежных суток до утреннего кормления (Радченков и др., 1985). На второй день после определения базального уровня гормонов проводили нагрузку АКТГ с отбором проб крови через 1 час после первой и еще через 1 час после второй нагрузки. На основании полученных показателей животных разделили на две подгруппы: стрессрезистентных (СР) и стрессчувствительных (СЧ) (Бутров и др., 1987). В дальнейшем кровь для исследований брали у 5 стрессрезистентных и 5 стрессчувствительных телок и нетелей из каждой группы, утром до кормления, пункцией яремной вены в течение двух смежных дней. В плазме крови определяли концентрацию соматотропина (СТГ), иммунореактивного инсулина (ИРИ), тироксина ( $T_4$ ), трийодтиронина ( $T_3$ ), кортикотропина (АКТГ), кортизола и пролактина – радиоиммунологическим методом.

### **Результаты и обсуждение**

Живая масса телок и нетелей, а затем и коров обеих групп существенно не различалась, среднесуточный прирост находился в пределах 611-630 г, без достоверных различий (табл. 1 и 2).

Таблица 1. Живая масса и концентрация гормонов в плазме крови телок

Показатели	1-я группа	2-я группа	% к 1-й группе
6-месячный возраст			
Живая масса, кг	138,8±7,0	142,8±6,4	102,9
СТГ, нг/мл	6,6±0,4	7,1±0,4	107,5
ИРИ, мкед/мл	9,1±1,0	8,8±1,7	96,7
T <sub>4</sub> , нг/мл	54,6±5,1	57,9±4,2	106,0
T <sub>3</sub> , нг/мл	1,30±0,11	1,38±0,10	106,1
АКТГ, пг/мл	238,1±22,8	225,9±29,1	94,9
Кортизол, нг/мл	15,1±1,7	16,1±2,5	106,6
Пролактин, нг/мл	1,43±0,55	0,34±0,05	23,8
Прогестерон, нг/мл	1,47±0,41	1,05±0,26	71,4
8-месячный возраст			
Живая масса, кг	170,3±7,8	180,2±6,0	105,8
СТГ, нг/мл	5,8±0,5	7,3±0,6	125,8
ИРИ, мкед/мл	5,1±0,7	3,4±0,2	66,7
T <sub>4</sub> , нг/мл	71,2±4,9	75,4±2,5	105,9
T <sub>3</sub> , нг/мл	2,28±0,08	2,14±0,11	98,2
АКТГ, пг/мл	194,5±13,7	178,8±26,5	91,9
Кортизол, нг/мл	19,1±3,5	19,2±2,5	100,5
продолжение таблицы 1			
Пролактин, нг/мл	2,55±0,31	5,69±1,07	223,7 *
Прогестерон, нг/мл	0,84±0,12	0,85±0,05	101,2
10-месячный возраст			
Живая масса, кг	206,3±10,4	216,9±6,9	105,1
СТГ, нг/мл	6,1±0,6	5,8±0,5	95,1
ИРИ, мкед/мл	4,8±0,6	5,3±0,6	110,4
T <sub>4</sub> , нг/мл	41,8±1,2	39,6±1,3	94,3
T <sub>3</sub> , нг/мл	1,13±0,07	1,05±0,02	92,9
АКТГ, пг/мл	197,0±20,2	184,0±30,7	93,4
Кортизол, нг/мл	27,1±4,4	23,9±4,8	88,2
Пролактин, нг/мл	25,29±7,95	16,80±0,93	66,4
Прогестерон, нг/мл	0,20±0,07	0,10±0,01	50,0
12-месячный возраст			
Живая масса, кг	253,5±10,4	263,1±7,5	103,8
СТГ, нг/мл	5,8±0,60	7,5±0,8	129,3
ИРИ, мкед/мл	5,2±0,3	5,9±0,4	113,5
T <sub>4</sub> , нг/мл	30,0±2,0	34,8±3,7	116,0
T <sub>3</sub> , нг/мл	1,39±0,15	1,27±0,08	91,4
АКТГ, пг/мл	221,7±18,9	209,8±10,4	94,6
Кортизол, нг/мл	12,2±2,5	11,5±1,2	94,3
Пролактин, нг/мл	2,95±0,98	5,54±0,69	186,7
Прогестерон, нг/мл	1,40±0,51	1,25±0,49	89,3
14-месячный возраст			
Живая масса, кг	287,6±9,5	294,3±9,2	102,3
СТГ, нг/мл	8,8±1,2	8,0±0,6	90,9
ИРИ, мкед/мл	11,4±0,7	8,7±1,5	76,3

T <sub>4</sub> , нг/мл	20,8±1,4	21,9±2,2	105,3
T <sub>3</sub> , нг/мл	1,16±0,04	1,13±0,06	97,4
АКТГ, пг/мл	99,3±7,2	96,0±8,3	96,7
Кортизол, нг/мл	23,9±7,3	19,3±2,9	80,8
Пролактин, нг/мл	2,64±0,47	2,71±0,62	102,6
16-месячный возраст			
Живая масса, кг	322,2±11,3	332,0±9,3	103,0
СТГ, нг/мл	7,4±0,3	8,8±0,4	118,9
ИРИ, мкед/мл	8,8±1,3	7,2±1,5	81,8
T <sub>4</sub> , нг/мл	53,6±6,2	70,9±4,7	132,2
T <sub>3</sub> , нг/мл	2,28±0,27	2,46±0,21	107,9
АКТГ, пг/мл	58,3±5,6	46,1±7,6	79,1
Кортизол, нг/мл	28,5±9,5	21,7±4,9	76,1
Пролактин, нг/мл	16,58±3,34	26,35±3,12	158,9

\* - P ≤ 0,05

Поскольку биохимические реакции в организме совершаются по циркадианному ритму, определяя гормоны в течение суток, мы установили, что их уровень в крови в первой половине дня был выше, чем во второй (Радченков и др., 1984; Алиев и др., 1988). Суточная динамика определяемых гормонов в крови телок и нетелей обеих групп существенно не различалась. Уменьшение (без достоверных различий) в крови 10-мес телок СТГ, ИРИ, АКТГ, вероятно, было связано с переводом их на летне-пастбищное содержание. Есть сведения (Глотова и др., 1985), что это может быть связано с уменьшением количества концентратов в рационе, что сказывается на состоянии энергетического обмена.

В показателях гормонального статуса СР и СЧ телок и нетелей обеих групп достоверных различий не установлено, за исключением часто наблюдаемого повышенного уровня кортизола и T<sub>3</sub> (табл. 1 и 2). Концентрация СТГ у стрессрезистентных и стрессчувствительных первотелок обеих групп в первые дни после отела сохранялась максимально высокой, что, как известно, способствовало мобилизации лактационного процесса.

*Таблица 2. Живая масса и концентрация гормонов в плазме крови телок*

Показатели	Месяцы стельности			
	2	4	6	8
1-я группа				
Живая масса, кг	364,6±9,9	383,0±9,8	390,1±8,9	430,5±10,1
СТГ, нг/мл	6,4±1,1	4,1±0,3	9,6±0,5 *	5,2±0,3 *
ИРИ, мкед/мл	8,0±0,9	3,7±0,4 *	4,1±0,8	7,3±0,9 *
T <sub>4</sub> , нг/мл	51,8±5,4	72,0±4,2 *	37,3±7,8 *	42,1±7,5
T <sub>3</sub> , нг/мл	1,63±0,11	1,29±0,29	0,73±0,06	0,65±0,07
АКТГ, пг/мл	72,0±9,9	135,0±50,1	65,6±15,6	83,6±19,6
Кортизол, нг/мл	32,6±8,6	18,2±9,6	8,3±4,0	12,8±1,8
2-я группа				

Живая масса, кг	375,7±8,7	393,4±9,6	408,8±8,7	432,3±11,7
СТГ, нг/мл	6,4±0,9	5,9±0,4	7,0±1,1	6,5±0,8
ИРИ, мкед/мл	7,2±0,6	4,4±0,8 *	3,3±0,9	6,7±1,0 *
T <sub>4</sub> , нг/мл	61,8±5,7	71,5±4,2	36,0±2,2	29,8±4,7
T <sub>3</sub> , нг/мл	1,74±0,12	0,99±0,07 *	0,67±0,07	0,60±0,07
АКТГ, пг/мл	58,6±9,9	124,8±14,6*	59,8±6,4 *	71,5±21,3
Кортизол, нг/мл	25,6±5,6	17,3±8,4	7,0±2,1	11,2±6,3

\* -  $P \leq 0,05$  – достоверность различий к предыдущему показателю в группе

В течение лактации снижение уровня СТГ в крови коров коррелировало с уменьшением молочной продуктивности. У стрессрезистентных коров удои в первой группе составил 4022 кг, во второй 3726 (без достоверных различий). Наиболее тесная положительная зависимость установлена между молочной продуктивностью и уровнем СТГ и отрицательная – с уровнем T<sub>3</sub>. Уровень ИРИ имел тенденцию к отрицательной корреляции с продуктивностью и заметно возрастал к концу лактации. Близкая к достоверной положительная корреляция отмечена между T<sub>4</sub> и T<sub>3</sub> ( $r = 0,86$ ), что свидетельствует о повышении дейодирования T<sub>4</sub> в T<sub>3</sub>. Молочная продуктивность у стрессрезистентных первотелок 1-й группы за 305 дней лактации составила 4022 кг, против 3553 кг у стрессчувствительных телок; во 2-й группе у СР телок она равнялась 3726 кг и у СЧ – 3070 кг.

### Заключение

Живой вес и показатели гормонального статуса телок с 6 до 16-месячного возраста и нетелей 2, 4, 6 и 8-месячной стельности в зависимости от условий кормления достоверно не различались. Применяемый в опыте безконцентратный тип кормления телок, нетелей и коров позволил получить приблизительно полноценные показатели роста и продуктивности животных.

Эндокринология в последние годы получила дальнейшее развитие (Панков, 2005). Открыто большое количество гормонов, секретирующихся не только традиционными железами внутренней секреции. Так, почки выделяют в кровь гормоны ренин и ангиотензин, изменяющие артериальное давление. Выделен новый гормон желудка - грелин, который регулирует соматотропную функцию гипофиза (активируется рост тела). Подкожная жировая клетчатка секретирует гормон лептин, который действует на нейроны мозга, жировой обмен, рост. Предсердия и желудочки сердца секретируют натрийуретический гормон (НУГ) и адrenomедуллин, которые усиливают выделение из организма ионов натрия и расширяют сосуды. Гормоны сосудов эндотелины (эндотелин 1, 2 и 3) регулируют давление в сосудах, синтез белков, иммунные процессы. Особое внимание привлекает новый эффективный метод нокаутирования генов. Изучение новых гормонов – ближайшая перспектива работы лабораторий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Радченков В.П., Бутров Е.В., Аверин В.С. и др. Определение гормонов в крови крупного рогатого скота, свиней и их гормональный статус. Боровск, 1985.
2. Бутров Е.В., Панасенко В.Н. Определение адренкортикального типа у телок по функциональной активности коры надпочечников. Актуальные вопросы обмена веществ. Материалы 3 конференции. Вильнюс, 1987: 55.
3. Глотова Г.А., Доротюк Э.Н., Василец В.Г. Влияние структуры рациона на рост и развитие помесных телок. Научно-тех. бюлл. НИИ лесостепи и по-лесья Укр.ССР, 1985, 41: 50.
4. Радченков В.П., Бутров Е.В., Голенкевич Е.К. и др. Гормональный про-филь и рост телок от 7 до 12 мес. С.-х. биология. 1984, 12: 93.
5. Алиев А.А., Радченков В.П., Григорьев В.В. Выращивание племенных телок на рационах с пониженным содержанием зерновых концентратов. Информ. листок №229-88. Калуга, 1988.
6. Панков Ю.А. Революционные перемены в эндокринологии. Проблемы эндокринологии. 2005, 51, 6.

### СОЗДАНИЕ ГЕННО-ИНЖЕНЕРНОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ РЕГУЛЯТОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕНА $\beta$ -ЛАКТОГЛОБУЛИНА БЫКА И СТРУКТУРНОГО ГЕНА ЛАКТОФЕРРИНА ЧЕЛОВЕКА

*В.А. Езерский, Л.Б. Иванова, В.Г. Шевченко*  
Лаборатория молекулярной биологии

*Проведено конструирование рекомбинантной плазмиды, содержащей ген лактоферрина человека под контролем регуляторных областей гена  $\beta$ -лактоглобулина быка.  $\kappa$ ДНК лактоферрина была выделена из плазмиды pCMV-LF и клонирована в плазмиду, содержащую промоторную область гена  $\beta$ -лактоглобулина быка. В дальнейшем в полученную плазмиду был клонирован 3'-регуляторный район гена  $\beta$ -лактоглобулина быка, обуславливающий тер-минацию транскрипции трансгена. Достоверность клонирования подтвер-ждена рестриктивным картированием. Созданная плазида обозначена **pVLgLf** и используется в разработке технологий по получению трансгенных сельскохозяйственных животных, продуцирующих с молоком лактоферрин человека.*

#### **Введение**

Молочная железа трансгенных животных является реальным источни-ком производства рекомбинантных белков. Она физиологически обладает ог-ромным потенциалом для синтеза белков. Кроме того, молоко имеет высокий гигиенический стандарт, а рекомбинантные белки могут быть извлечены с ис-

пользованием имеющихся технологий. К настоящему времени накоплен обширный материал, свидетельствующий о возможности экспрессии генов биологически активных веществ в молочной железе трансгенных животных.

$\beta$ -лактоглобулин ( $\beta$ -ЛГ) является основным сывороточным белком в молоке почти всех млекопитающих, за исключением грызунов и приматов (Pervaiz et al., 1985). Концентрация  $\beta$ -лактоглобулина в молоке КРС составляет 4,6 мг/мл (Caffin et al., 1985).

Для получения трансгенных животных обычно используются регуляторные районы  $\beta$ -ЛГ овец, коз и крупного рогатого скота. Simons с соавторами (1987) получили первых трансгенных мышей с геном  $\beta$ -ЛГ овцы. Экспрессия отмечалась только в молочной железе трансгенных мышей и находилась на уровне 3-23 мг/мл. При этом максимальный уровень синтеза рекомбинантного белка в молоке мышей превышал концентрацию нативного  $\beta$ -ЛГ в молоке овец в 5 раз. Высокий уровень экспрессии  $\alpha_1$ -антитрипсина ( $\alpha_1$ АТ) человека был обнаружен в молоке овец при использовании геномной последовательности  $\alpha_1$ АТ под контролем промотора  $\beta$ -ЛГ овцы длиной 4,0 т.п.н. (Wright et al., 1991). Две полученные трансгенные овцы продуцировали от 1 до 5 мг/мл  $\alpha_1$ АТ, в то время как у третьей овцы концентрация рекомбинантного белка после первоначальных 63 мг/мл стабилизировалась на уровне 35 мг/мл. Примерно такой же уровень экспрессии  $\beta$ -ЛГ овцы (7 до 33 мг/мл) был выявлен McClenaghan с соавторами (1995) у полученной ими линии мышей.

В 1998г. были опубликованы результаты специфической экспрессии гена  $\beta$ -ЛГ крупного рогатого скота в молоке трансгенных мышей. Уровень экспрессии в четырех полученных линиях мышей достигал 1-2 мг/мл и сохранялся стабильным в ходе двух лактаций (Nyttinen et al., 1998). Регуляторные элементы гена  $\beta$ -ЛГ крупного рогатого скота использовались при получении трансгенных мышей и кроликов с экспрессией эритропоэтина человека в молоке до уровня 0,5 мг/мл (Korhonen et al., 1997).

Одним из возможных белков-кандидатов для экспрессии в молоке сельскохозяйственных животных является лактоферрин человека (*hLF*). Лактоферрин представляет собой гликопротеид с высоким сродством к железу и состоит из одной полипептидной цепи длиной 703 аминокислотных остатков и имеет массу около 80 кД. Молекула лактоферрина организована в два домена, каждый из которых имеет сайты связывания железа и N-гликозилирования (Metz-Boutigue et al., 1984; Derisbourg et al., 1990). Кроме молока лактоферрин присутствует в нейтрофильных лейкоцитах крови (Baggiolini et al., 1970). *hLF* обеспечивает транспорт железа и его абсорбцию у новорожденных и поэтому может служить источником железа как для новорожденных, так и взрослых, страдающих анемией.

Лактоферрин способен подавлять рост нескольких групп потенциально патогенных бактерий как в молочной железе матери, так и в желудочно-кишечном тракте ребенка. Доказано, что *hLF* оказывает противовоспалительное действие посредством связывания токсичных оксигенных радикалов, по-

давляет продукцию цитокинов и ингибирует комплементарную активацию (Lonnerdal et al., 1995).

*hLF* индуцирует активность естественных киллерных клеток и усиливает антителозависимую клеточную цитотоксическую активность (Saiki et al., 1988). В молоке человека *hLF* присутствует в концентрации 1,7 г/л, в то время как в молоке КРС его содержание не превышает 0,02 г/л. В России он вырабатывается до настоящего времени лишь из природного сырья – женского молока первых дней лактации – источника, объем которого стремительно сокращается.

В последние годы интерес к лактоферрину обусловлен еще его ролью как антиоксиданта, подавляющего свободнорадикальные процессы, которые являются одной из причин онкозаболеваний. Поэтому его можно использовать для профилактики в качестве активной пищевой добавки.

В мировом биотехнологическом бизнесе конкурируют в основном два направления получения рекомбинантного лактоферрина. Одна группа компаний пытается получить этот белок в процессе ферментации, используя в качестве продуцента микроскопические грибы рода *Aspergillus* (Ward et al., 1997), другая – добиться его экскреции в молоке трансгенных животных. Фирма Aggenix Inc. (Houston, USA), используя *Aspergillus ssp.*, достигла концентрации *hLF* 1 г/л. Но даже и при большем уровне синтеза всегда будет стоять вопрос об аллергенной безопасности препарата, полученного с использованием микроскопических грибов, и преимущество останется за рекомбинантным лактоферрином из молока, как естественного пищевого продукта.

Harvetelt с соавторами (1997) получили трансгенных мышей с интегрированной кДНК *hLF*, однако уровень экспрессии в молоке был довольно низким и составлял 0,1-36 мкг/мл. Лучшие результаты были достигнуты Kim et al. (1999), который сообщил о получении трансгенных мышей, экспрессирующих с молоком лактоферрин человека с концентрацией более чем 500 мкг/мл. Последняя работа, проведенная в данном направлении, свидетельствует о получении трансгенного крупного рогатого скота (Van Berkel et al., 2002), продуцирующего лактоферрин человека, идентичный по своим свойствам нативному, и достигающем до грамма на литр молока.

Вышеизложенное обусловило проведение работ по созданию генных конструкций, содержащих лактоферрин человека под контролем регуляторных элементов гена  $\beta$ -лактоглобулина быка, с целью их использования в трансгенных технологиях для получения животных, продуцирующих лактоферрин человека с молоком.

### **Материалы и методы**

Из базы данных GENBANK (- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) были получены сведения о нуклеотидных последовательностях генов  $\beta$ -лактоглобулина быка и гена лактоферрина человека. На основании рестриктивной и функциональной карты генов  $\beta$ -лактоглобулина быка были выбраны

последовательности, потенциально способные обеспечивать тканеспецифичную экспрессию трансгена. Фрагменты 5' и 3' регуляторных областей гена  $\beta$ -лактоглобулина быка были выделены из ДНК крупного рогатого скота (*Bos taurus*). Ген лактоферрина человека был выделен из плазмиды рСМV-Lf, содержащей кДНК лактоферрина под промоторной областью цитомегаловируса, любезно предоставленной Луниным В.Г. (Институт СХБ, Москва).

Для получения необходимых фрагментов использовали метод ПЦР-амплификации. Подбор структур праймеров проводили на основании данных о последовательностях генов, полученных из GENBANK. Прямые и обратные праймеры подбирали с учетом их "некомплементарности" друг другу и неспособности к самообразованию вторичных структур. При этом в состав некоторых праймеров были дополнительно введены сайты рестрикции. Временные и температурные параметры ПЦР были подобраны в зависимости от структуры праймеров.

Выделение высокомолекулярной и плазмидной ДНК проводилось по методам Кузнецова (1990), Блины и Стаффорда (1976). Для очистки и концентрирования ДНК, а также количественного анализа содержания ДНК были использованы процедуры, предложенные Маниатисом (1984). Выделение высококопийных плазмид осуществляли по Берквисту (1990).

Гидролиз ДНК рестриктазами и лигирование проводили стандартными методами (Маниатис и др., 1984). Для проведения рестрикции брали 0,2-1 мкг плазмидной ДНК. Затем к раствору ДНК добавляли соответствующий буфер 10-кратной концентрации и рестриктазу из расчета 1 ед. фермента на 1 мкг ДНК. Объем раствора доводили до 30 мкл и инкубировали пробы 2 часа при 37°C.

В зависимости от того, какие концы имеют фрагменты ДНК, реакцию лигирования проводили в различных условиях. Молярное отношение вектора и вставки составляло 1:2 при лигировании по "липким" концам, концентрация ДНК составляла 20 мкг/мкл. Лигазу добавляли из расчета 1 ед. на 10 мкл реакционной смеси. Лигазную смесь брали на трансформацию клеток *E.coli*. Трансформацию проводили по стандартной методике, описанной Гловером (1988) с применением хлористого кальция и хлористого рубидия.

Фрагменты ДНК из геля выделяли с использованием наборов фирмы «Promega» и НПАО «Силекс». Секвенирование плазмидной ДНК проводили в соответствии с рекомендациями к секвенирующему набору фирмы «Promega». Реакционные смеси разделяли в 5 или 6 %-ом полиакриламидном геле, содержащем 100 мМ трис-боратный буфер, рН 8,3 и 7 М мочевины. Высушенные гели экспонировали при комнатной температуре 18-72 ч с пленкой Retina (Германия).

### **Результаты и обсуждение**

Для получения гена лактоферрина человека с удобными для дальнейшего клонирования сайтами рестрикции была подобрана пара праймеров, на-

званных Lf3 и Lf4. В праймер Lf3 был введен сайт для рестриктазы *XbaI* (**tctaga**) и сайт для рестриктазы *BsaI* (**ggtctcnn**), необходимые для клонирования в плазмиду pUC18. При гидролизе рестриктазой *BsaI* должен образовываться липкий конец, комплиментарный липкому концу плазмиды p5BLg, обработанной рестриктазой *NcoI*. При этом встраивание фрагмента будет происходить с точки +1 кДНК гена лактоферрина с сохранением рамки считывания. Обратный праймер Lf4 содержит терминирующий кодон гена лактоферрина и сайт рестрикции для эндонуклеазы *SalI* (**gtcgac**).

Таблица 1. Характеристика праймеров

Название	Структура праймера	Ориентация	Положение	Введенная рестриктаза
Lf3	<b>attctagaggctc</b> gcatgaaactgtcttctcgt (36 п.н.)	Прямой	+ 1 до +20	<i>XbaI</i> <i>BsaI</i>
Lf4	<b>atgctgacttactt</b> ctctgaggaattcacagg (31 п.н.)	Обратн.	+2114 +2136	<i>SalI</i>

В процессе предварительных экспериментов были подобраны оптимальные условия проведения ПЦР, что дало возможность выделить кДНК гена лактоферрина человека. Установлен следующий температурно-временной режим проведения амплификации: денатурация ДНК 94°C - 1 мин; отжиг праймеров - 58°C - 45 сек; синтез 72°C - 2 мин; элонгация 72°C - 2 мин. В результате проведения ПЦР был амплифицирован фрагмент LF3/LF4. Размер полученного фрагмента ДНК соответствовал предполагаемому - около 2150 п.н. После разделения в агарозном геле, фрагмент был вырезан из геля, очищен и в дальнейшем использовался для клонирования в плазмиду pGEM-T по стандартной методике.

Скрининг белых клонов-трансформантов осуществляли с использованием ПЦР (рис. 1). После проведенных исследований отобран клон № 3,

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

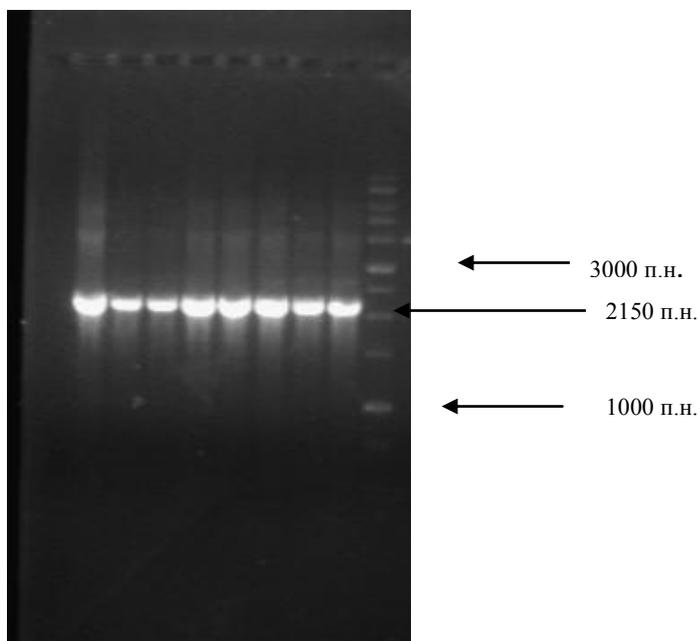


Рис. 1. Электрофореграмма ампликонов, полученных в результате проведения полимеразно-цепной реакции с клонами-трансформантами, предположительно содержащими вставку LF3-LF4 дор. 3-9. Дор. 2 - K(+), ампликон плазмиды *paSILf*; дор. 1 - K(-)  $H_2O$ ; дор. 10 - маркер длин ДНК (1000 н.н.).

содержащий рекомбинантную плазмиду, которая была обозначена *pLF(3-4)pGEM-T*. Плазмида была наработана, выделена и очищена с использованием набора НПАО «Силекс». У очищенной плазмиды была частично определена нуклеотидная последовательность вставки. Результаты секвенса подтвердили, что исследуемая плазмида *pLF(3-4)pGEM-T* содержит вставку кДНК гена лактоферрина человека.

Для получения гена лактоферрина с необходимыми нам липкими концами, плазмида *pLF(3-4)pGEM-T* была обработана рестриктазами *Eco3II* (*BsaI*) и *SalI*. В результате гидролиза, и с учетом того, что плазмида *pGEM-T* содержит по одному сайту для рестриктазы *SalI* (90) и *BsaI* (1471), получили 4 фрагмента следующих размеров: 2150 п.н. – ген лактоферрина, 1605 п.н., 1380 п.н. и 30 п.н. фрагменты плазмиды *pGEM-T*. При этом при электрофорезе фрагмент 30 п.н. не виден (рис. 2).

1 2 3 4 5 6 7

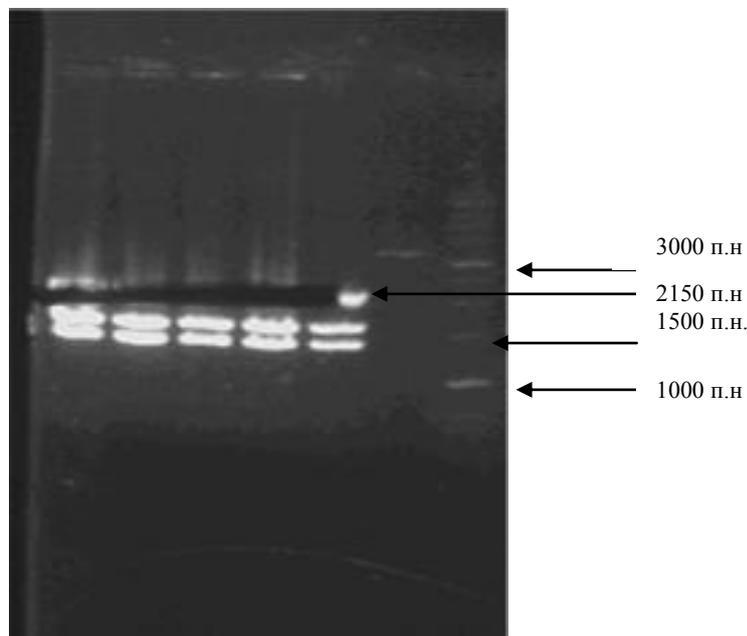


Рис. 2. Препаративный электрофорез продуктов гидролиза плазмиды *pLF(3-4)/pGEM-T* ферментами *Eco3II (BsaI)* и *SaII* дор 1-5. 6 - плазида *pLF(3-4)/pGEM-T*. Дор. 7 - маркер длин ДНК (1000 н.н.).

Фрагмент (Lf3-Lf4)(*Eco3II* + *SaII*) был вырезан из геля, очищен с помощью набора НПАО «Силекс» и проклонирован в предварительно подготовленную плазмиду *p5VLg*.

Около 5 мкг плазмиды *p5VLg* было обработано 20 ед. рестриктаз *NcoI* и *SaII* в течение ночи при 37°C. Ферменты были инактивированы прогреванием при 65°C в течение 15 минут. С целью предотвращения лигирования плазмиды самой на себя, концы плазмиды были дефосфорилированы. С этой целью к гидролизованной плазмиде было добавлено 2 ед. щелочной фосфатазы из кишечника теленка.

После инкубации при 37°C в течение 1 часа, щелочная фосфатаза была инактивирована прогреванием при 85°C в течение 15 минут. Для очистки гидролизованной плазмиды *p5VLg* был использован электрофорез в 0,7% агарозном геле с 1х ТБЕ. Фрагмент около 6000 п.н. был вырезан из геля и очищен с помощью набора НПАО «Силекс М». Лигирование подготовленных плазмиды *p5VLg* и вставки Lf3-Lf4 проводили по стандартной методике с использованием реактивов фирмы Fermentas. Соотношение вектора и вставки было 1:2. Так как в данном случае невозможно провести отбор клонов-трансформантов по окраске, для отбора положительных клонов использовался метод ПЦР. Были использованы прямой праймер *BlgE14* 5'-aaaggccgtgtctccagt - 3', положение в гене  $\beta$ -лактоглобулина - 2656-2673 и обратный Lf5 5'-aacasa gctggctgaga-

гаас - 3', соответствующий положению от точки 532 до точки 511 в кДНК гена лактоферрина человека. Расчетный размер амплификата, при условии правильно прошедшего лигирования, равен 840 п.н. Условия амплификации были следующие: денатурация 94°C – 45 сек, отжиг 60°C – 1 мин, синтез 72°C – 1 мин, всего 25 циклов. В первом цикле денатурацию проводили 2 мин, после последнего цикла элонгация 72°C – 2 мин. Результаты амплификации представлены на рис. 3.

Таким образом была создана плаزمид, названная **p5BLgLf**, содержащая промоторную область гена β-лактоглобулина быка и структурный ген лактоферрина человека.

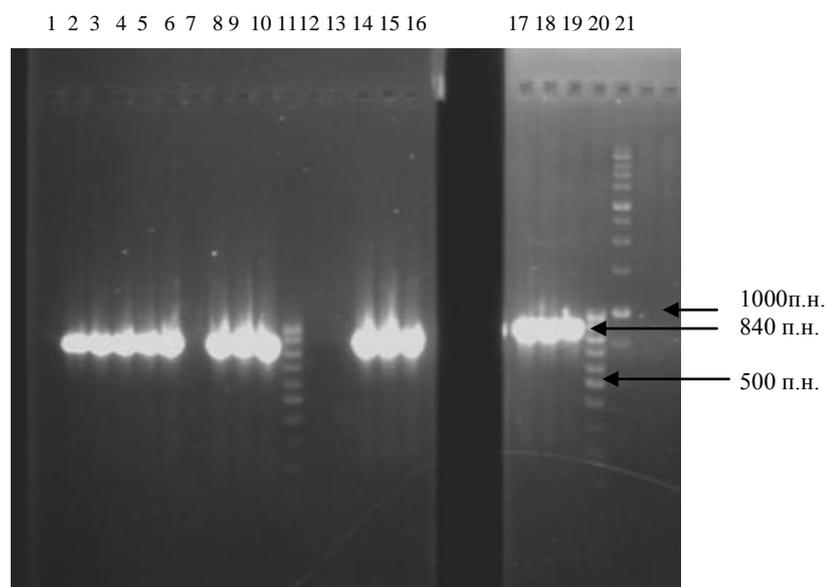


Рис.3. Электрофореграмма ампликонов, полученных в результате проведения полимеразно-цепной реакции с клонами-трансформантами, предположительно содержащими 5' регуляторную область гена В-лактоглобулина быка и ген лактоферрина человека; дор. 2-6, 8-10, 14-16, 17-19 – реакция прошла, ампликон 840 п.н.; дорожки 1, 7, 13 -реакция не прошла, данные клоны не содержат 5' регуляторную область В-

лактоглобулина быка и ген лактоферрина человека; дор. 12 – К (–) H<sub>2</sub>O; дор. 11, 20 – маркер 100; дор. 21 – маркер длин ДНК 1000 п.н.

Для конструирования полностью функционального гена было необходимо выделить последовательность, содержащую сигналы сплайсинга и полиаденилирования гена β-лактоглобулина быка, и клонировать полученный фрагмент ДНК в рекомбинантную плазмиду p5BLgLf. Наиболее удобным и быстрым для выделения достаточного количества искомого фрагмента ДНК оказался метод ПЦР. В качестве матрицы использовалась хромосомная ДНК быка. Были подобраны праймеры следующей структуры:

прямой: B1gE4 - 5' **tagtcgac**gagcagtcgssacatctagtg-3', соответствующий положению 6279 – 6299 в гене β-лактоглобулина быка (точка 6279 – начало шестого экзона). Дополнительно введен сайт для *SalI* (**gtcgac**) на 5' конце. Через этот сайт 3' регуляторная область β-лактоглобулина должна быть присоединена к кДНК лактоферрина после терминирующего кодона в ранее созданной плазмиде p5BLgLf;

обратный: B1gE5 5'-**caagctt**ctagaagggtacagtcctatgggtc- 3', соответствующий положению от точки 7851 до точки 7831 в гене β-лактоглобулина быка. Дополнительно введены сайты для рестриктазы *HindIII* (**aagctt**) и *XbaI* (**tctaga**). Сайт для *HindIII* дает возможность клонировать фрагмент B1ge4-B1gE5 в плазмиду p5BLgLf, сайт для *XbaI* позволяет вырезать всю генно-инженерную конструкцию одним ферментом (*XbaI*).

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

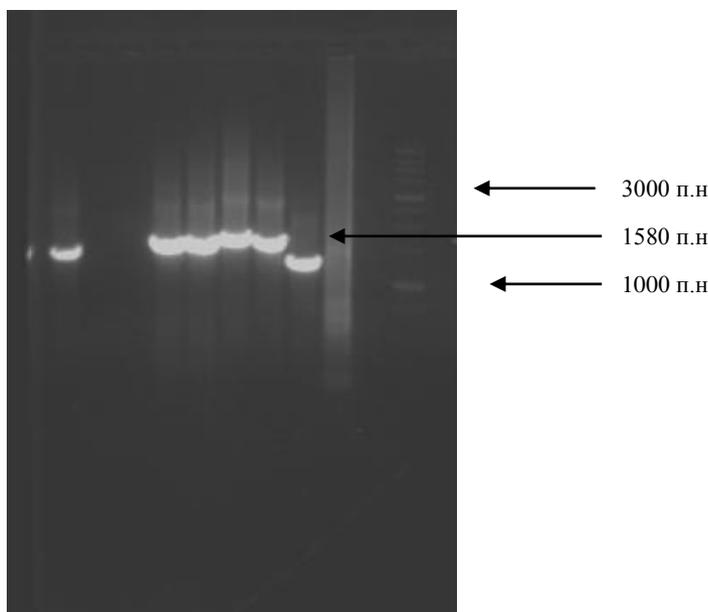


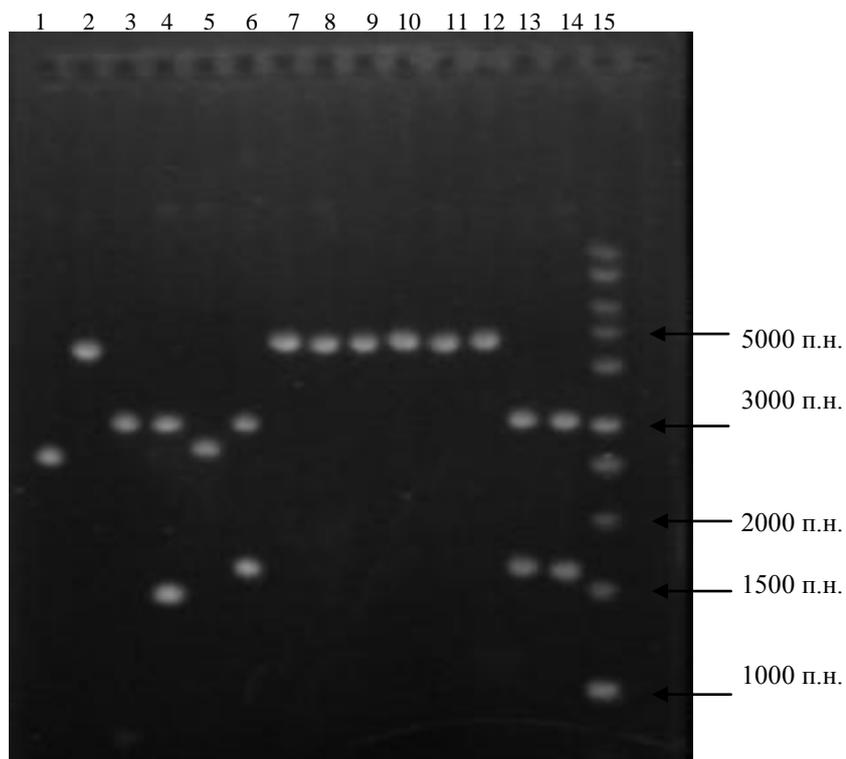
Рис. 4. Электрофореграмма ампликонов, полученных в результате проведения ПЦР с клонами-трансформантами, предположительно содержащими 3' регуляторную область гена  $\beta$ -лактоглобулина быка. Дор. 2, 5, 6, 7, 8, - размер вставки примерно соответствует 1580 п.н., данные клоны были взяты для дальнейшей проверки; дор. 9 – получен фрагмент менее 1500 п.н.; дор. 1, 3, 4, 10 – амплификация не прошла (клоны не содержат нужной вставки); дор. 11 – отрицательный контроль ( $H_2O$ ); дор. 12 – маркер длин ДНК 1000 п.н.

Экспериментально были подобраны следующие условия амплификации: денатурация  $94^{\circ}C$  – 1 мин, отжиг  $62^{\circ}C$  – 1 мин, синтез  $72^{\circ}C$  – 1 мин 30 сек, всего 25 циклов. В первом цикле денатурацию проводили 2 мин, после последнего цикла элонгация  $72^{\circ}C$  – 2 мин. После амплификации реакционную смесь подвергли электрофорезу в 0,7 % агарозном геле. Фрагмент, примерно соответствующий размеру 1580 п.н., был вырезан из геля, очищен с помощью набора НПАО «Силекс М» и клонирован в плазмиду pGEM-T по стандартной методике. Скрининг белых клонов-трансформантов осуществляли с использованием ПЦР. По результатам амплификации было отобрано пять клонов для дальнейшей проверки (рис. 4.). Клоны были наработаны, плазмиды из них выделены и очищены с использованием набора НПАО «Силекс М».

Для проверки очищенных плазмид был использован гидролиз тремя рестриктазами: *SalI* – должен выщепляться фрагмент размером 1610 п.н., *HindIII* и *XbaI* – в исследуемых плаزمиде должны иметь только по одному сайту для гидролиза (рис. 5.).

После проведенных исследований отобран клон № 5, содержащий рекомбинантную плазмиду, которая была обозначена *pBLgE(4-5)*/pGEMT. У очищенной плазмиды была частично определена нуклеотидная последовательность вставки. С помощью пакета программ BLAST полученная последовательность была сравнена с нуклеотидными последовательностями, хранящимися в базе данных GENBANK. Было подтверждено, что выделенная нами последовательность соответствует 3'- фланкирующей области гена  $\beta$ -лактоглобулина быка. Плазмида, выделенная из клона 5 и состоящая из вектора pGEM-T и вставки *BlgE4-BlgE5*, была обозначена *p3BlgE(4-5)*.

3 мкг плазмиды *p3BlgE(4-5)* было обработано рестриктазами *HindIII* и *SalI* до полного гидролиза. Выщепленный фрагмент *BlgE4-BlgE5*, размером 1580 п.н., был отделен от вектора pGEM-T и клонирован в подготовленную плазмиду *p5BLgLf*, имеющую такие же *HindIII/ SalI* липкие концы. Отбор клонов проводился на селективной среде, содержащей 100 мкг/мл ампицилина. Для скрининга положительных клонов были использованы следующие пары праймеров: *BlgE4* и *BlgE5* – на наличие 3' фланкирующей области гена  $\beta$ -лактоглобулина быка, а также *BlgE14* и *LF5* для 5'-фланкирующей области гена  $\beta$ -лактоглобулина быка и гена лактоферрина человека.



*Рис. 5. Электрофореграмма продуктов гидролиза плазмид, выделенных из различных клонов, предположительно содержащих вставку BLgE4-BlgE5 в pGEM-T. Дор. 5 – клон 5, не гидролизованная; дор. 6 – клон № 5+ SalI; дор. 7 - клон №5+HindIII; дор. 8 – клон № 5+ Xba I; дор. 15 – маркер длин ДНК 1000 п.н.*

1 2 3 4 5 6 7

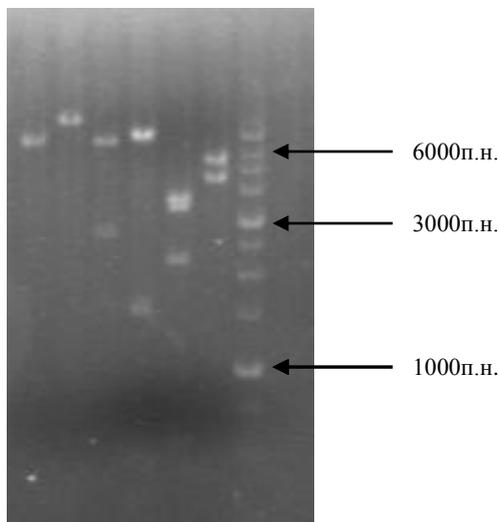


Рис. 6. Электрофореграмма продуктов гидролиза плазмиды *pBLgLf* различными рестриктазами: дор. 1 – интактная плазмида; дор. 2- *Sall*; дор. 3- *XbaI*; дор. 4 – *NcoI*; дор. 5 – *BamHI*; дор. 6 – *EcoRI*; дор. 7 – маркер длин ДНК 1000 п.н.

Условия проведения амплификации были такие же, как указано выше. Один из клонов, показавших при проведении ПЦР наличие всех необходимых фрагментов, был высеян для препаративного выделения плазмиды. Рекомбинантная плазмида, содержащаяся в нем выделена и очищена для проведения рестриктового картирования с использованием рестриктаз, положение сайтов для которых предположительно было известно (рис. 6).

Результаты ПЦР и рестриктового картирования подтвердили правильность проведенного клонирования. Полученная плазмида была обозначена **pBLgLF**, ее рестриктная карта представлена на рис. 7.

Основные этапы получения рекомбинантной плазмиды **BLgLF**, содержащей ген лактоферрина человека и регуляторные области гена  $\beta$ -лактоглобулина быка, приведены на рис. 8.

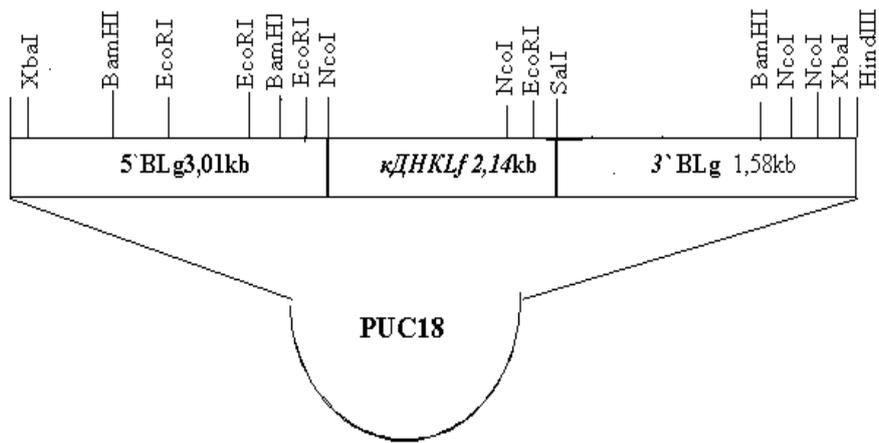


Рис. 7. Карта-схема расположения сайтов рестрикции на созданной плазмиде **pBLgLF** (указаны величины клонированных фрагментов).

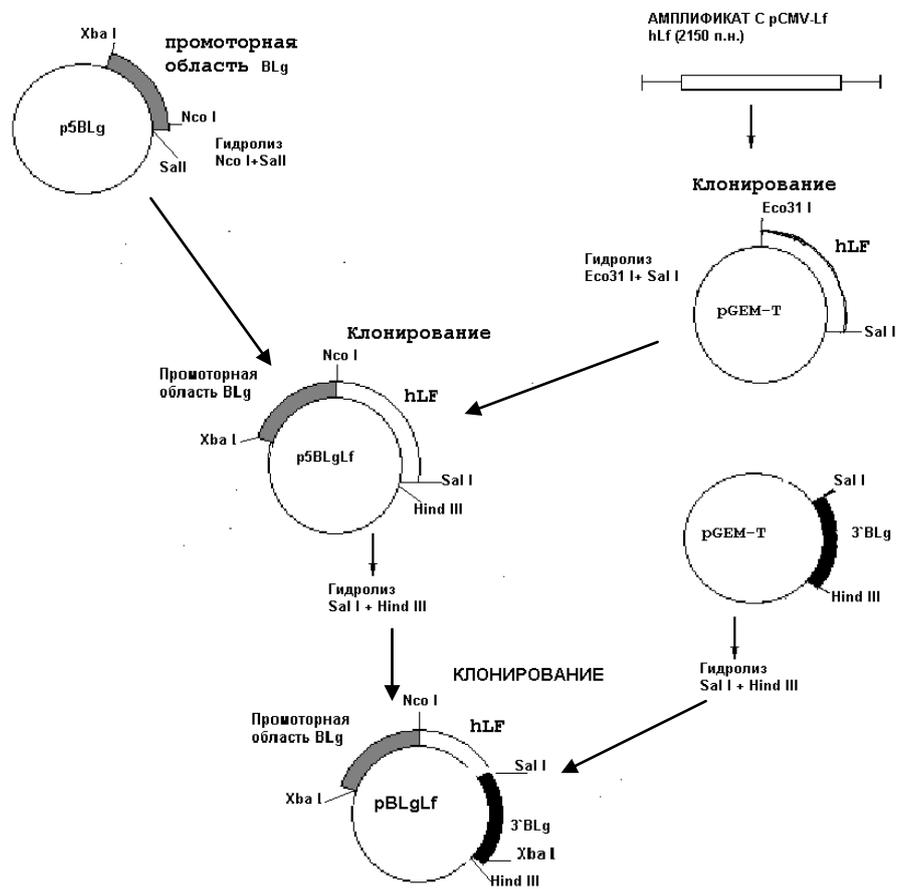


Рис. 8. Основные этапы получения рекомбинантной плазмиды pBLgLf, содержащей ген лактоферрина человека и регуляторные области гена  $\beta$ -лактоглобулина быка.

### Заключение

Создана плаزمида pBLgLf, содержащая нуклеотидную последовательность гена лактоферрина человека под контролем регуляторных элементов гена  $\beta$ -лактоглобулина быка. Полученная рекомбинантная ДНК используется в технологии получения трансгенных животных с тканеспецифичной экспресси-

ей лактоферрина человека в клетках молочной железы животных. Также сконструированная плаزمида может найти применение не только при проведении исследований в области трансгеноза, но и в дальнейших молекулярно-генетических работах, направленных на создание новых векторов, используемых для получения животных с измененным генотипом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Pervaiz S., Brew K. *Science*, Homology of beta-lactoglobulin, serum retinol-binding protein, and protein HC. 1985, 228: 335-337.
2. Caffin J.P., Poutrel B., Rainard P. Physiological and pathological factors influencing bovine alpha-lactalbumin and beta-lactoglobulin concentrations in milk. *J. Dairy Sci.*, 1985, 68: 1087-1094.
3. Simons J., McClenaghan M., Clarc A. Alteration of the quality of milk by expression of sheep beta-lactoglobulin in transgenic mice. *Nature*, 1987, 328: 530-532.
4. Wright G., Carver A., Cottom D. High level expression of active human alpha-1-antitrypsin in the milk of transgenic sheep. *Biotechnology*, 1991, 9: 830-834.
5. McClenaghan M., Springbett A., Wallace R. Secretory proteins compete for production in the mammary gland of transgenic mice. *Biochem. J.*, 1995, 310: 637-641.
6. Hyttinen J.M., Korhonen V.P., Hiltunen M.O., Myohanen S., Janne J. High-level expression of bovine beta-lactoglobulin gene in transgenic mice. *J. Biotechnol.* 1998, 3; 61 (3): 191-198.
7. Korhonen VP, Tolvanen M, Hyttinen JM, Uusi-Oukari M, Sinervirta R, Alhonen L, Jauhiainen M, Janne OA, Janne J. Expression of bovine beta-lactoglobulin/human erythropoietin fusion protein in the milk of transgenic mice and rabbits. *Eur. J. Biochem.* 1997, 15, 245(2): 482-489.
8. Metz-Boutigue M.-H., Jolles J., Mazurier J., *Eur. J. Biochem.*, 1984, 145: 659-663
9. Derisbourg P., Wieruszesky J.M., Montreuil J., Spik G., *Biochem.J.*, 1990, 269: 821-825
10. Baggiolini M., DeDuve C., Masson P. L., Heremans F., *J Exp. Med.*, 1970, 131: 559
11. Lonnerdal B., Iyer S/, *Annu. Rev. Nutr.*, 1995, 15: 93-110
12. Saiki R.K., Gelfand D.H., Stoffel S., *Science*, 1988, 239: 487-491
13. Ward P.P., Cunningham G.A., Conneely O.M. *Biotechnol. Genet. Engl Res.*, 1997, 14: 303-319
14. Hartevelt PP, de Boer HA, van Veen HA, Pieper FR. Characterization of recombinant human lactoferrin secreted in milk of transgenic mice. *J Biol Chem* 1997 Mar 28; 272(13): 8802-7
15. Kim SJ, Sohn BH, Jeong S, Pak KW, Park JS, Park IY, Lee TH, Choi YH, Lee CS, Han YM, Yu DY, Lee KK. High-level expression of human lactoferrin in

- milk of transgenic mice using genomic lactoferrin sequence. J Biochem (Tokyo) 1999 Aug; 126(2): 320-5
16. van Berkel H.P., Welling M.M., Geerts M., van Veen H.A. Large scale production of recombinant human lactoferrin in the milk of transgenic cows. Nat. Biotechnol., 2002, 20(5): 484-487
  17. NCBI - <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
  18. Кузнецов К.Д. Методы молекулярной генетики и генной инженерии, М.: Наука, 1990: 61-65.
  19. Blin N., Stafford D.V. Nucl. Acids Res., 1976, 3: 2303-2308.
  20. Маниатис Г. и др. Методы генетической инженерии, М.: Мир, 1984
  21. Бергквист П.А. Плазмиды. Методы. М.: Мир, 1990: 84-85
  22. pGEM-T and pGEM-T Easy Vector System. Technical manual. Promega Corporation.
  23. Гловер Д. Клонирование ДНК. Методы. М.: Мир, 1988. -538 с.
  24. fmol DNA Sequencing System. Technical manual. Promega Corporation.

#### **МИКРОФЛОРА КИШЕЧНИКА И ЗООТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОТКОРМА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НОВОГО ПРОБИОТИКА МИКРОЦИКОЛА**

*Б.В. Тараканов, Т.А. Николичева, В.В. Алёшин, Л.Л. Полякова*  
Лаборатория биотехнологии микроорганизмов пищеварительного тракта  
*В.Н. Никулин, Т.Е. Палагина*  
Оренбургский ГАУ, кафедра химии

*В двух опытах изучено воздействие нового пробиотика микроцикола на микрофлору кишечника, неспецифическую резистентность и продуктивность цыплят-бройлеров. Установлено, что применение препарата оказывает регулирующее влияние на кишечную микрофлору, снижает уровень сальмонелл в 1,6-9,9 раза и протей в 3-6 раз. При этом пролиферации задаваемого штамма в кишечнике не происходит. В популяции эшерихий повышается доля антагонистов, подавляющих задаваемый микроиногенный штамм, но сохраняющих чувствительность к микроцину В 5/98. В крови птицы увеличивается количество эритроцитов и гемоглобина, возрастают фагоцитарная, бактерицидная и лизоцимная активности, повышается сохранность молодняка, его продуктивность и улучшается качество мяса. Максимальное продуктивное действие микроцикола достигается при введении его в питьевую воду из расчета 0,3 г на 1 л воды.*

## Введение

С целью обеспечения нормального здоровья и продуктивности сельскохозяйственных животных в последние годы все большее внимание уделяется контролю за микрофлорой, населяющей пищеварительный тракт, а также подавлению в нем жизнедеятельности патогенных и условно-патогенных бактерий. Для этого, как правило, используют пробиотики, оказывающие ингибирующее действие на потенциальных кишечных патогенов путем продукции антибиотических веществ и в частности микроцинов – низкомолекулярных антибиотиков широкого спектра действия (Соколова и др., 1991; Каврук и др., 1997, 1999). Нами выделен штамм *Escherichia coli* S5/98, продуцирующий микроцин типа В (В5/98) (Тараканов и др., 2004) и установлено, что он является безвредным для животных (Тараканов и др., 2002, 2003). Испытания изготовляемого на основе этого штамма нового пробиотика, названного микроциколом, при выращивании телят-молочников показало, что ежедневное его скармливание молодняку оказало ингибирующее действие на размножение в кишечнике бактерий родов *Escherichia* и *Salmonella* и стимулирующее на развитие бифидобактерий и лактобацилл, которые обеспечивают оптимальный микробный баланс в пищеварительном тракте (Тараканов и др., 2005).

Поскольку микроцикол в птицеводстве не испытывался, целью нашей работы было изучить его влияние на микрофлору кишечника и зоотехнические параметры при откорме цыплят-бройлеров.

## Материалы и методы

Проведено два опыта.

Первый выполнен в комплексе с сотрудниками ВНИТИП (Егоров и др., 2004) в виварии ОНО «Загорское» ЭПХ ВНИТИП на 4-х группах бройлеров кросса Кобб-500 с суточного до 40-дневного возраста. Молодняк содержался в клеточных батареях Р-15 по 35 голов в группе без разделения по полу. Условия содержания (плотность посадки, фронт кормления и поения, температура, влажность, освещенность) были в пределах норм, рекомендуемых ВНИТИП. Кормление молодняку осуществлялось полноценными рассыпными комбикормами вволю (табл. 1). Птица контрольной группы получала только основной рацион (ОР), а молодняку 2, 3 и 4-й опытных групп ежесуточно задавали по  $1 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$  и  $5 \times 10^8$  к.о.е./голову штамма *E. coli* S 5/98 соответственно. В первые пять дней жизни цыплят пробиотик задавали в жидкой форме, а с 6 по 40 дни сухой препарат смешивали с комбикормом.

С целью оценки воздействия микроцикола на организм цыплят-бройлеров в 14- и 42-дневном возрасте из каждой группы убивали по три цыпленка и отбирали пробы содержимого кишечника и крови для микробиологических и гематологических исследований.

Микробиологические исследования, высеив и подсчет микроорганизмов проведены на селективных средах. Количество бифидобактерий определяли на среде Блаурока, лактобацилл – на модифицированной селективной среде Рогозы, кишечной палочки – на среде Эндо, сальмонелл – на висмут сульфит агаре, энтерококков – на энтерококк агаре, дрожжей рода *Candida* – на кандиды агаре, а бактерий рода *Proteus* на селективной среде для выделения протей. Все среды были отечественного производства, за исключением среды Рогозы, которую готовили в лаборатории.

Таблица 1. *Рецепты комбикормов, % (Егоров и др., 2004)*

Показатель	Возраст, дней	
	1-28	29-40
Кукуруза	30,4	30,4
Пшеница	26,05	26,30
Жмых соевый	25,2	25,2
Масло подсолнечное	2,8	5,2
Мука рыбная	7,0	5,0
Премикс	1,0	1,0
Соль поваренная	0,15	0,2
Фосфат дефторированный	0,8	1,3
Известняк	0,6	0,4
Глютен кукурузный	6,0	5,0
Итого:	100,0	100,0
Добавлено на 1 т		
Лизина, кг	3,21	1,57
Метионина, кг	2,51	2,13
В комбикорме содержится:		
Обменной энергии в 100 г, ккал	310,4	321,5
Мдж	1,3	1,34
Сырого протеина	23,0	21,1
Сырой клетчатки	3,3	3,3
Кальция	0,9	0,9
Фосфора общего	0,70	0,70
Фосфора доступного	0,42	0,43
Натрия	0,19	0,18
Линолевой кислоты	3,3	4,7
Лизина	1,4	1,16
Метионина + Цистина	1,04	0,92
Триптофана	0,27	0,25

В крови определяли количество эритроцитов, лейкоцитов и лейкоцитарную формулу (Карпуть, 1986), фагоцитоз по Кост и Стенко; СОЭ по методу Панченкова (Кондрахин и др., 1985), бактерицидную активность сыворотки

крови по Смирновой и Кузьминой (1966), лизоцимную активность по Емельяненко (1980).

При проведении опытов учитывали основные зоотехнические показатели, переваримость и доступность ряда питательных веществ комбикормов для бройлеров, а также химический состав мяса и печени цыплят общепринятыми методами.

Второй эксперимент проведен на птицефабрике «Спутник» Оренбургской области. В опыте было четыре группы цыплят по 20 голов в каждой. С суточного по четвертый день цыплята получали комбикорм-стартер, с 5 по 30 день – комбикорм ПК-5-00-38, а с 31 по 49 день скармливался комбикорм следующего состава (%): ячмень – 5; пшеница – 61,3; шрот соевый – 5; шрот подсолнечный – 10; мясо-костная мука – 2; рыбная мука – 3; масло растительное – 2; белково-минерально-витаминная добавка – 11; известняк – 0,6 и соль – 0,1. Птица 1-й контрольной группы получала только ОП, а цыплятам 2, 3 и 4-й опытных групп дополнительно задавали пробиотик микроцикол из расчета 0,2; 0,3 и 0,4 г на 1 л питьевой воды соответственно. Во время опыта наблюдали рекомендуемые специалистами птицефабрики зоотехнические параметры. Птица имела постоянный доступ к корму и воде. Проводились также плановые ветеринарные мероприятия. Опыт продолжался 49 дней. Для объективной оценки состояния бройлеров в возрасте 28 и 49 дней отбирали пробы крови для морфологических и биохимических исследований, еженедельно птицу взвешивали, а при убое провели определение химического состава мяса и субпродуктов.

### **Результаты и обсуждение**

*Влияние микроцикола на микрофлору кишечника.* Исследования показали, что в микрофлоре кишечника наблюдались значительные колебания между отдельными бройлерами в пределах групп, но, тем не менее, просматривались некоторые особенности. Так, после 14-дневного применения микроцикола существенных различий в численности бифидобактерий и лактобацилл не наблюдалось, но у птицы, получавшей максимальную дозу микроцикола, на 49% уменьшилось количество бифидобактерий, и в 5,5 раза повысилась концентрация лактобацилл (табл. 2). Плотность популяций энтерококков в 3 и 4-й группах несколько снизилась, тогда как эшерихий, возросла в 2-2,9 раза. В этих же группах увеличилось содержание сальмонелл и бактерий рода *Proteus*, а дрожжи рода *Candida* не обнаруживались.

Таблица 2. Количество бактерий разных групп в химусе кишечника цыплят-бройлеров при даче микроцикола

Группа микроорганизмов	Возраст (дней) и группа цыплят-бройлеров							
	14				42			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Бифидобактерии, $\times 10^9$	7,42	6,1	5,95	3,8	52,5	54,2	70,0	58,2
Лактобациллы, $\times 10^9$	1,62	3,12	2,61	8,93	14,3	26,4	0,28	1,5
Энтерококки, $\times 10^6$	6,4	10,2	3,6	2,6	3,57	1,48	1,15	6,9
Эшерихии, $\times 10^8$	14,0	40,4	38,1	28,6	0,87	0,47	0,1	0,95
Сальмонеллы, $\times 10^4$	5,87	19,55	88,1	151,9	2,97	0-0,3	0,65	1,85
Бактерии рода <i>Proteus</i> , $\times 10^3$	8,0	10,5	36,3	36,0	6,1	1,0	2,0	1,0
Дрожжи рода <i>Candida</i> , $\times 10^3$	1,7	2,6	-	-	1,4	-	-	-

Примечание: – не обнаружены

После 40-дневного применения пробиотика количественные соотношения бактерий разных систематических групп несколько изменились. Концентрация бифидобактерий у контрольной и опытной птицы была практически одинаковой, в то время как у бройлеров 3-й и 4-й групп заметно уменьшились уровни лактобацилл. Количества энтерококков и эшерихий в разных группах варьировали в пределах одного порядка, а численность сальмонелл у бройлеров 2, 3 и 4-й групп снизилась в 9,9; 4,6 и 1,6 раза соответственно (табл. 2). При этом дрожжи рода *Candida* не выявлялись, а уровни бактерий рода *Proteus* снизились в 3-6 раз.

Изучение фенотипических особенностей у эшерихий, выделенных из кишечного содержимого 2-недельных и 42-дневных цыплят, показало, что среди антагонистических штаммов, полученных от птицы опытных групп, фенотипические аналоги задаваемому штамму (продукция микроцина и устойчивость к нему) не обнаружены. Эти данные свидетельствуют о том, что персистенция задаваемого микроциногенного штамма *E. coli* S 5/98 в пищеварительном тракте цыплят ограничена.

Каковы же причины подобного феномена? Изучение антагонистической активности у выделенных из кишечника эшерихий против микроциногенного штамма *E. coli* S 5/98 показало, что практически все антагонисты подавляли (метод отсроченного антагонизма *in vitro*) задаваемый птице пробиотический штамм – продуцент микроцина В 5/98, т.е. устанавливающаяся в кишечнике цыплят популяция эшерихий обладает высоким потенциалом защиты к экзогенному введению продуцента микроцина. При этом после 40-дневного скормливания возрастающих доз микроцикола доля антагонистов в популяции эшерихий кишечника возрастала с 16% в контроле до 27,8 и 58,3% в 3 и 4-й группах соответственно и все они были способны подавлять задаваемый микроциногенный штамм *E. coli* S 5/98. Таким образом, результаты исследований позволяют заключить, что продуцент микроцина В 5/98 при скормливания

цыплятам-бройлерам индуцирует селекцию в кишечнике птицы эшерихий-антагонистов, продуцирующих губительные для него антибиотические вещества. По своей природе эти субстанции скорее всего являются бактериоцинами, поскольку при постановке опытов отсроченного антагонизма на обедненной питательной среде (четвертной триптозный агар) ингибирования роста *E. coli* S 5/98 не происходило.

Что касается чувствительности популяций эшерихий к микроцину, продуцируемому штаммом *E. coli* S 5/98, то в возрасте 14- и 42 дней 80-100% и 91,7-98,3% от числа изученных культур и все антагонисты подавлялись микроцином В 5/98, и дача цыплятам возрастающих доз микроцикола увеличением в кишечнике доли устойчивых к нему эшерихий не сопровождалось.

*Влияние микроцикола на кроветворение и неспецифическую резистентность.* Исследования показали (1-й опыт), что включение в рацион цыплят-бройлеров возрастающих доз микроцикола сопровождалось повышением концентрации гемоглобина в крови (табл. 3). При этом количество лейкоцитов существенно не изменялось, но в лейкоцитарной формуле отмечалось изменение соотношений эозинофилов и псевдоэозинофилов. Так, доля эозинофилов с 7% (норма 6-10%) в контроле возрастала у птицы 3-й и 4-й групп до 17 и 14%, тогда как процент псевдоэозинофилов с 30 уменьшался до 18 и 19 (норма 24-30%) соответственно. Однозначное объяснение наблюдавшемуся факту дать довольно сложно, но можно предположить, что уменьшение доли псевдоэозинофилов было обусловлено некоторым снижением нейтрофилотворения в костном мозге, а увеличение процента эозинофилов в крови цыплят 3-й и 4-й групп было связано с аутоиммунным ответом организма птицы на скармливание высоких ( $1-5 \times 10^8$  к.о.е./голову) доз микроцикола.

Что касается неспецифической резистентности цыплят, то фагоцитарная, бактерицидная и лизоцимная активности сыворотки крови возрастали вместе с увеличением дозы препарата, т.е. четко проявился дозозависимый эффект.

**Таблица 3. Показатели крови цыплят-бройлеров, получавших пробиотик микроцикол**

Показатель	Группа цыплят			
	1	2	3	4
<b>Первый опыт</b>				
Гемоглобин, г/л	88,0±3,0	90,0±2,8	105,0±1,6 <sup>В</sup>	93,0±1,6
Количество эритроцитов, $10^{12}$ /л	3,1±0,01	3,2±0,03	3,4±0,27	3,0±0,01
СОЭ, мм/ч	2,0±0,0	2,0±0,0	2,0±0,0	2,6±0,06
Лейкоциты, $10^9$ /л	25,9±1,90	25,8±0,48	27,8±0,64	28,0±0,66
Лейкоцитарная формула, %:				
базофилы	2	2	2	3
эозинофилы	7	10	17	14

псевдоэозинофилы	30	25	18	19
лимфоциты	58	59	54	60
моноциты	3	4	9	4
Показатели неспецифической резистентности:				
фагоцитарный индекс	2,86±0,13	3,26±0,16	3,42±0,16 <sup>а</sup>	4,44±0,04 <sup>г</sup>
фагоцитарная активность, %	26,6±0,8	30,0±0,8 <sup>а</sup>	33,3±1,1 <sup>а</sup>	31,0±1,8
бактерицидная активность, %	20,9±1,7	25,1±2,5	46,9±2,7 <sup>г</sup>	47,9±2,0 <sup>г</sup>
лизосимная активность, мкг/мл	28,6±1,2	33,0±1,2 <sup>а</sup>	56,0±0,96 <sup>г</sup>	58,0±0,64 <sup>г</sup>
<b>Второй опыт</b>				
<i>Возраст 28 дней</i>				
Гемоглобин, г/л	92,0±2,24	98,4±1,52 <sup>а</sup>	100,4±1,16 <sup>б</sup>	98,8±0,81 <sup>а</sup>
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л	3,10±0,06	3,10±0,23	3,41±0,15	3,20±0,07
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	35,6±1,83	29,4±0,47 <sup>б</sup>	28,3±0,50 <sup>в</sup>	28,0±0,38 <sup>в</sup>
Са, ммоль/л	2,07±0,04	2,13±0,02	2,11±0,03	2,10±0,01
Р, ммоль/л	1,90±0,05	1,91±0,04	1,96±0,03	1,92±0,06
Кислотная емкость, ммоль/л	101,0±2,46	101,0±0,89	101,4±1,92	101,6±1,07
Общий белок, ммоль/л	37,76±0,75	37,74±0,72	38,02±0,81	37,60±0,50
<i>Возраст 49 дней</i>				
Гемоглобин, г/л	93,8±2,10	94,8±2,33	99,6±0,25 <sup>а</sup>	99,4±0,98 <sup>а</sup>
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л	3,08±0,07	3,20±0,16	3,29±0,11	3,19±0,06
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	41,38±2,31	30,31±0,97 <sup>в</sup>	28,75±0,26 <sup>г</sup>	29,82±0,50 <sup>б</sup>
Са, ммоль/л	2,06±0,03	2,11±0,03	2,20±0,03 <sup>б</sup>	2,13±0,03
Р, ммоль/л	1,89±0,05	1,98±0,03	2,03±0,03 <sup>а</sup>	2,02±0,04
Кислотная емкость, ммоль/л	104,8±2,82	100,0±1,12	105,0±2,24	103,0±2,01
Общий белок, ммоль/л	36,67±0,56	36,82±0,61	38,90±0,62	38,76±0,60

Примечание: Здесь и далее достоверность разницы показана в сравнении с контролем: а – P<0,05; б – P<0,02; в – P,0,01; г – P<0,001.

Во втором опыте цыплята 2, 3 и 4-й групп получали микроцикол с водой, которая содержала 2, 3 и 4 млн. микробных клеток *E. coli* S5/98 в 1 мл. Как и в первом опыте, выпаивание препарата сопровождалось повышением в крови количества эритроцитов и концентрации гемоглобина (P<0,05-0,02), тогда как уровень лейкоцитов снижался, но оставался в пределах нормы (табл. 3). Содержание общего белка в сыворотке и кислотная емкость крови существенно не изменялись, а уровни кальция и фосфора несколько повышались.

Таким образом, установлено, что микроцикол увеличивает концентрацию гемоглобина в крови цыплят-бройлеров и повышает их неспецифическую резистентность.

*Влияние микроцикола на зоотехнические параметры цыплят-бройлеров.* Применение микроцикола во всех испытанных в первом опыте дозах обеспечивало 100%-ную сохранность птицы, против 97,1% в контроле. При этом разные дозы оказывали неодинаковое влияние на рост молодняка. При даче пробиотика из расчета 1x10<sup>7</sup>к.о.е./голову/день живая масса 28-дневных цыплят 2-й группы превосходила контроль на 1,6%. Увеличение дозы до 1x10<sup>8</sup>к.о.е./голову в день повышало живую массу на 3,2%, тогда как при дальнейшем 5-кратном возрастании дозы пробиотика (4 группа) ростстимули-

рующий эффект утрачивался и живая масса цыплят была на 1,5% ниже контроля.

Среднесуточные приросты живой массы молодняка за периоды 1-28, 29-40 и 1-40 дней варьировали в пределах 40,5-42,5 г; 70,7-76,5 г и 49,6-52,2 г соответственно и были максимальными у бройлеров 2-й и 3-й опытных групп, получавших пробиотик в интервале доз  $1 \times 10^7$ - $10^8$  к.о.е./голову в сутки (табл. 4).

Что касается потребления корма, то у молодняка 2-й и 3-й опытных групп за период опыта оно было на уровне контроля или на 2,8% ниже в 4-й группе. Однако во всех опытных группах конверсия корма была лучше. Так, затраты кормов на 1 кг прироста живой массы за 40-дневный опытный период во 2, 3 и 4-й группах были ниже, чем в контроле, на 5,1; 6,1 и 2,1 % или на 100, 120 и 40 г соответственно.

Из представленных данных можно сделать заключение, что использование микроцикола при откорме цыплят в течение 40 дней способствует повышению их сохранности, а также улучшению переваримости, доступности и конверсии основных питательных веществ кормов во всех группах.

Привесы же и живая масса бройлеров повышались во 2-й и 3-й группах, получавших в рационе пробиотик в дозах  $1 \times 10^7$  и  $1 \times 10^8$  к.о.е./голову в день соответственно.

**Таблица 4. Эффективность использования питательных веществ и прирост живой массы при включении в рацион микроцикола (Егоров и др., 2004)**

Показатель	Группа			
	1	2	3	4
Сохранность, %	97,1	100,0	100,0	100,0
Живая масса, г				
сутки	42	42	42	42
28 дней	1193±18,2	1212±23,7	1231±19,0	1176±15,6
% к контролю	100,0	101,6	103,2	98,5
40 дней	2041±35,3	2130±35,0	2131±33,0 <sup>a</sup>	2024±26,8
% к контролю	100,0	104,4	104,4	99,2
Среднесуточный прирост живой массы, г				
1-28 дней	41,1	41,8	42,5	40,5
% к контролю	100,0	101,7	103,4	98,5
29-40 дней	70,7	76,5	75,0	71,5
% к контролю	100,0	108,2	106,1	101,1
1-40 дней	50,0	52,2	52,2	49,6
% к контролю	100,0	104,4	104,4	99,2
Потребление корма 1 гол. за опыт, кг	3,898	3,863	3,823	3,786
Затраты кормов на 1 кг прироста живой массы, кг	1,95	1,85	1,83	1,91
% к контролю	100,0	94,9	93,9	97,9

Переваримость:				
протеина	88,9	89,5	90,7	89,2
жира	79,1	80,1	80,4	78,8
Использование азота	46,2	46,9	47,5	46,3
Доступность:				
лизина	84,2	85,0	85,7	84,4
метионина	87,1	87,4	87,9	87,2
Использование:				
кальция	40,1	40,0	40,2	40,0
фосфора	32,0	32,4	32,7	32,1

Результаты второго опыта показали, что микроцикол не оказал какого-либо отрицательного влияния на общее физиологическое состояние птицы. Цыплята опытных групп были активны и хорошо поедали корм. Сохранность птицы составила 90% в контроле и 94, 98 и 98% во 2, 3 и 4-й опытных группах соответственно.

Выпаивание пробиотика положительно отразилось на трансформации питательных веществ корма. Так, переваримость протеина, БЭВ и клетчатки с 77,8; 85,2 и 9,5% в контрольной группе возросла до 84,2; 88,3 и 11,4% – во 2-й, до 88,1; 88,3 и 13,1% – в 3-й и до 86,6; 90,0 и 13,2% – в 4-й группах соответственно. При этом коэффициенты использования азота, кальция и фосфора увеличились с 57,8; 35,6 и 38,6% в 1-й группе, до 59,8; 40,0 и 46,7% – во 2-й, до 61,3; 47,6 и 46,9% – в 3-й и до 61,7; 47,1 и 46,3% – в 4-й группах соответственно.

Дача пробиотика оказала стимулирующее влияние на продуктивность птицы. При убое бройлеров в 49-дневном возрасте их средняя живая масса в контрольной группе составила 1969 г, а во 2, 3 и 4-й группах она достигла 2365, 2526 и 2438 г и превосходила контроль на 20,1; 28,3 и 23,8% соответственно. Таким образом установлено, что по продуктивному действию выпаивание пробиотика существенно превосходит его дачу в составе комбикорма.

*Влияние микроцикола на химический состав и качество получаемой продукции.* Определение химического состава печени и грудных мышц 40-дневных цыплят-бройлеров показало, что у молодняка опытных групп наблюдалась тенденция к увеличению в них содержания сырого протеина (табл. 5). Эти данные свидетельствуют о том, что микроцикол способствует улучшению белкового обмена в организме цыплят-бройлеров и повышению качества мяса.

**Таблица 5. Химический состав печени и грудных мышц 40-дневных цыплят-бройлеров, % на воздушно-сухое вещество (1-й опыт)**

Показатель	Группа			
	1	2	3	4
Печень				
Сырой протеин	67,7	71,6	68,1	70,3
Сырой жир	11,2	12,5	11,1	10,8
Сырая зола	5,0	4,9	4,7	4,8
Грудные мышцы				
Сырой протеин	83,3	86,6	83,7	84,6

Сырой жир	2,3	2,9	2,4	2,3
Сырая зола	4,7	4,6	4,8	4,6
Сырой протеин на естественную влажность (72%)	23,3	24,2	23,4	23,7

Положительное влияние микроцикола на качество продукции нашло подтверждение и во втором опыте. В мясе бройлеров, получавших пробиотик, на 8,8-10,5% увеличилось содержание протеина и на 7,5-8,4% уменьшился уровень жира. Белково-качественный показатель мяса с 9,7 в контроле возрос до 10,1-10,3 в опытных группах (табл. 6). Что касается субпродуктов (сердце,

*Таблица 6. Химический состав мяса, субпродуктов, мышечных желудков и фарша кишечника 49-дневных цыплят-бройлеров, %*

Показатель	Группа цыплят			
	1	2	3	4
	Мясо (средняя проба)			
Влага	68,73±0,38	68,65±0,3	68,40±0,14	68,41±0,14
Протеин	14,57±0,7	16,09±0,2	15,86±0,14	16,10±0,37
Жир	16,02±0,3	14,79±0,08 <sup>B</sup>	14,82±0,16 <sup>B</sup>	14,68±0,21 <sup>B</sup>
Зола	0,86±0,03	0,83±0,02	0,85±0,01	0,84±0,01
Триптофан, мг/100г	400,49±4,0	410,5±2,58	415,4±2,64 <sup>G</sup>	412,2±1,70 <sup>A</sup>
Оксипролин, мг/100г	41,26±0,3	40,7±0,26	40,5±0,45	40,4±0,35
Белково-качественный показатель	9,7	10,1	10,3	10,2
	Субпродукты (сердце, печень)			
Влага	76,99±0,34	74,49±0,46 <sup>B</sup>	74,0±0,19 <sup>F</sup>	74,62±0,19 <sup>F</sup>
Сухое вещество	23,01±0,34	25,51±0,46 <sup>B</sup>	25,99±0,19 <sup>F</sup>	25,38±0,19 <sup>F</sup>
Протеин	10,83±0,56	14,96±0,82 <sup>B</sup>	15,33±0,22 <sup>F</sup>	14,73±0,13 <sup>F</sup>
Жир	11,25±0,22	9,65±0,46 <sup>G</sup>	9,77±0,41 <sup>G</sup>	9,75±0,16 <sup>F</sup>
Зола	0,93±0,02	0,89±0,01	0,90±0,01	0,89±0,01
	Мышечный желудок			
Влага	70,28±0,15	70,07±0,24	69,92±0,21	70,16±0,17
Сухое вещество	29,72±0,10	29,93±0,13	30,08±0,21	29,84±0,17
Протеин	16,21±0,23	15,73±0,22	15,16±0,49	15,15±0,15
Жир	12,60±0,17	13,34±0,13 <sup>B</sup>	14,02±0,31 <sup>B</sup>	13,84±0,23 <sup>B</sup>
Зола	0,90±0,01	0,86±0,006	0,84±0,006	0,85±0,007
	Фарш кишечника			
Влага	73,75±0,32	67,34±0,54 <sup>F</sup>	67,49±0,50 <sup>F</sup>	65,97±0,34 <sup>F</sup>
Сухое вещество	26,25±0,32	32,66±0,48 <sup>F</sup>	32,51±0,50 <sup>F</sup>	34,03±0,34 <sup>F</sup>
Протеин	12,89±0,42	11,04±0,72	8,64±0,39 <sup>F</sup>	13,64±1,24
Жир	12,47±0,13	20,84±0,58 <sup>F</sup>	23,06±0,34 <sup>F</sup>	19,60±0,68 <sup>F</sup>
Зола	0,88±0,01	0,78±0,01 <sup>F</sup>	0,80±0,02 <sup>B</sup>	0,79±0,02 <sup>B</sup>

печень), то в них существенно ( $P<0,01-0,001$ ) снизилось содержание влаги и жира, тогда как уровень протеина во 2, 3 и 4-й опытных группах повысился на 38,1; 41,6 и 36% соответственно. В мышечном желудке увеличилась концен-

трация жира ( $P < 0,01$ ) и особенно сильно на 67,1; 84,9 и 57,2% возросло его отложение в тканях кишечника бройлеров 2, 3 и 4-й групп соответственно.

Производственная проверка эффективности применения препарата, проведенная на 12420 цыплятах, показала, что при использовании пробиотика падеж уменьшился на 6,9%, средняя живая масса одного бройлера увеличилась на 0,44 кг, а экономический эффект составил 98,7 тыс. рублей.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что новый пробиотик микроцикол является эффективным средством повышения продуктивности и улучшения качества мяса при выращивании цыплят-бройлеров. Максимальное продуктивное действие препарата достигается при его введении в питьевую воду из расчета 0,3 г на 1 л воды.

### **Заключение**

Изучена эффективность применения нового пробиотика микроцикола в бройлерном производстве. Препарат использовали в жидкой и сухой формах в виде добавок к комбикорму и с водой. Установлено, что включение микроцикола в рационы бройлеров увеличивает их сохранность, подавляет размножение в кишечнике потенциально патогенных микроорганизмов, повышает уровень гемоглобина в крови и показатели неспецифической резистентности. Пробиотик обеспечивает улучшение переваримости, использования и конверсии питательных веществ корма, увеличивает прирост живой массы птицы и содержание протеина в мясной продукции. Максимальное продуктивное действие препарата достигается при его введении в питьевую воду из расчета 0,3 г на 1 л воды.

Исследования проведены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и администрации Калужской области (проект №04-04-97245).

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Соколова Н.А., Хмель И.А., Шегидевич Э.А., Евгиевская Н.И., Горская Е.М., Куренина Н.Е. Профилактика колибактериоза телят штаммом-продуцентом микроцина. Ветеринария, 1991, 1: 24-25.
2. Каврук Л.С., Кононенко А.Б., Бритова С.В. Направленное регулирование микробиоценоза в репродукторных помещениях свиноводческих ферм и неспецифическая профилактика бактериальных кишечных инфекций поросят. Экологические проблемы патологии, фармакологии и терапии животных. Материалы Межд. координационного совещания, 19-23 мая 1997. Воронеж. 1997: 315-316.
3. Каврук Л.С., Светоч Э.А. Возможности и пути конструирования пробиотиков пролонгированного действия для профилактики кишечных инфекций молодняка животных. Тез. докладов Всероссийской конф. с международным участием «Пробиотики и пробиотические продукты в профилак-

- тике и лечении наиболее распространенных заболеваний человека». М. 1999: 61-62.
4. Тараканов Б.В., Яковлева А.А., Алёшин В.В. Характеристика энтеробактерий, продуцирующих микроцины – низкомолекулярные антибиотики. Микробиология, 2004, 73, 2: 188-194.
  5. Тараканов Б.В., Николичева Т.А., Комкова Н.М., Полякова Л.Л. Исследование безвредности микроциногенного штамма *Escherichia coli* S 5/98 для лабораторных животных. Труды ВНИИ физиологии, биохимии и питания с.-х. жив. Боровск, 2002,41: 4-13.
  6. Тараканов Б.В., Николичева Т.А., Комкова Н.М., Полякова Л.Л. Исследование хронической токсичности микроциногенного штамма *Escherichia coli* S 5/98 для кроликов. Труды ВНИИ физиологии, биохимии и питания с.-х. жив. Боровск, 2003,42: 28-37.
  7. Тараканов Б.В., Николичева Т.А., Алёшин В.В., Комкова Н.М. Влияние продуцента микроцикола типа В на телят. Ветеринария. 2005, 6: 20-23.
  8. Егоров И.А., Паньков П.Н., Разанов Б.Л., Егорова Т.В., Юхачева Н.А., Волкова Н.И. Отчет по теме: «Испытание пробиотика микроцикола в комбикормах цыплят-бройлеров». Сергиев Посад, 2004: 12с.
  9. Карпуть И. М. Гематологический атлас сельскохозяйственных животных Мн.: Ураджай. 1986. С. 108-111.
  10. Клиническая и лабораторная диагностика в ветеринарии: Справочное издание. (И. П. Кондрахин, Н. В. Курилов, А. Г. Малахов и др.) М.: Агропромиздат.1985: 57-68.
  11. Смирнова О. В., Кузьмина Т. А. Определение бактерицидной активности сыворотки крови методом фотонейфелометрии. ЖМЭИ. 1966, 4: 8-11.
  12. Емельяненко П. А. Методические указания по тестированию естественной резистентности телят. М.: 1980: 29с.

### **ОБОГАЩЕНИЕ НЕЗАМЕНИМЫМИ АМИНОКИСЛОТАМИ НИЗКОПРОТЕИНОВЫХ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ СВИНЕЙ НА ОТКОРМЕ**

*Н.С-А. Ниязов, К.Т. Еримбетов*  
Лаборатории белково-аминокислотного питания

*Снижение содержания сырого протеина в комбикорме до 10% от существующих норм, то есть с содержанием его в 1 кг комбикорма 135 г в первый и 128 г во-второй периоды откорма, с доведением до нормы добавками незаменимых аминокислот - лизина, метионина и треонина, существенно не влияет на приросты живой массы, конверсию корма на единицу прироста и дает экономию высокобелковых кормов. Дальнейшее снижение сырого протеина в комбикорме до 15% приводит к снижению роста живот-*

ных, повышенному расходу энергии и протеина на продукцию и снижению переваримости протеина.

### **Введение**

В настоящее время усилия исследователей направлены на совершенствование систем питания свиней на основе новых подходов к оценке питательности кормов и рационов. Несомненно, главным вопросом в решении этой проблемы является уточнение потребности свиней в питательных, биологически активных веществах и оптимизация их протеинового питания с учетом научно обоснованного снижения уровня протеина в рационах при условии повышения его биологической ценности.

В связи с этим целью нашей работы было определение оптимального содержания протеина и аминокислот в низкопротеиновых рационах и изучение их влияния на интенсивность роста и эффективность использования азотистых веществ корма у свиней в период откорма.

### **Материалы и методы**

Опыт проведен на 27 помесных поросятах-боровках (крупная белая × ландрас × Рс-402) с живой массой 41-43 кг. После периода выращивания были сформированы три группы животных по 9 голов в каждой. Опыт продолжался до достижения живой массы 90-95 кг. Согласно технологии кормления, откорм подопытных свиней проводили в два периода: первый - до возраста 157 дней и второй - до 201 дней. Содержание групповое в клетках, поение из автопоилок. Животные 1-й (контрольной) группы в эти периоды получали сбалансированные по питательным веществам рационы, с содержанием сырого протеина, обменной энергии и лимитирующих аминокислот согласно существующим нормам (Калашников и др., 2003). В периоды откорма свиньям опытных групп - (2-й и 3-ей) снизили уровень сырого протеина в комбикормах на 10 и 15% по сравнению с контрольной группой за счет пропорционального уменьшения количества высокобелковых кормов в рационе этих групп. При этом содержание лизина, метионина и треонина в комбикормах доводили до уровня контроля путем дополнительного введения в рацион синтетических аминокислот. Уровень обменной энергии был одинаковым во всех исследуемых (подопытных) группах. Питательность комбикормов и соотношение аминокислот к лизину для свиней приведены в таблицах 1 и 2.

*Таблица 1. Питательность комбикормов СК-6 и СК-7 для свиней*

Показатели	I период			II период		
	группы			группы		
	1	2	3	1	2	3
	контр.	опыт.	опыт.	контр.	опыт.	опыт.

В 1 кг корма содержится:							
Обменной энергии, МДж	11,6	11,6	11,6	11,51	11,52	11,53	
Сухое вещество, г	894,2	889,7	893,7	886,1	890,3	893,2	
Сырой протеин, г	150,0	135,1	128,0	142,0	128,0	121,0	
Перевар. протеин, г	112	101	96	110	98	91,5	
Лизин, г	6,5	6,5	6,5	5,3	5,3	5,3	
Метионин+цистин, г	4,0	4,0	4,0	3,4	3,4	3,4	
Треонин, г	4,2	4,2	4,2	3,6	3,6	3,6	
Сырой жир, г	2,86	2,78	2,71	3,50	3,01	3,26	
Сырая клетчатка, г	4,91	3,42	4,13	4,31	4,30	3,53	
Кальций, г	9,87	10,4	10,4	9,87	10,4	10,4	
Фосфор, г	7,09	6,83	7,62	7,09	6,83	7,62	

*Таблица 2. Соотношение аминокислот к лизину в кормах для свиней на откорме (II период), %*

Аминокислоты	Группы		
	1	2	3
Лизин	100	100	100
Метионин+цистин	64,6	64,5	67,4
Треонин	67,7	67,6	67,4
Триптофан	34,7	31,3	29,4
Изолейцин	98,1	88,1	82,8
Валин	123,9	114,3	109,3
Лейцин	194,4	179,7	171,8
Гистидин	57,2	51,7	48,9
Лизин в г на МДж обменной энергии	0,46	0,47	0,47

С целью контроля за ростом и развитием подопытных животных проводили взвешивание поросят в начале и в конце каждого возрастного периода. В течение опыта учитывали потребление комбикормов, расход корма на единицу прироста и определяли их химический состав.

Для характеристики усвоения азота корма свиньями и эффективности его использования в конце откорма проводили балансовый опыт на 3 группах из каждой группы. По окончании опыта из каждой группы убивали по 4 животных, проводили обвалку туш и анализ кормов, кала и мочи на содержание сухого вещества и азота по общепринятым методам (Лебедев, Усович 1976). Математическую обработку данных проводили стандартными методами (Овсянников 1976).

### Результаты и обсуждение

Исследования показали (табл.3), что в первый период откорма свиньи 2-й (опытной) группы не отставали от контрольной и даже имели тенденцию к увеличению среднесуточного прироста на 4,4% и снижению расхода корма, сырого протеина и обменной энергии на единицу прироста по сравнению с животными контрольной группы. Поросята 3-й (опытной) группы резко отставали в приросте живой массы и расходе питательных веществ рациона на единицу продукции по сравнению с поросятами контрольной и 2-й опытной групп. Во второй период откорма среднесуточный прирост и расход корма на единицу продукции у поросят опытных групп были ниже по сравнению с контролем. За весь период опыта поросята контрольной группы росли лучше по сравнению с опытными, и среднесуточные приросты у них были выше на 3,3 и 11,0%. Однако на единицу прироста эти животные расходовали на 6,3 и 4,8% больше сырого протеина, по сравнению с опытными животными.

*Таблица 3. Живая масса, среднесуточный прирост и расход корма у свиней подопытных групп*

Показатели	Группы		
	1- контроль.	2 - опытная	3 -опытная
Первый период откорма 112-157 дней			
Живая масса в начале периода, кг	41,70±2,69	43,01±1,59	40,98±3,61
Живая масса в конце периода, кг	67,0±1,54	69,45±1,28	64,40±2,35
Прирост живой массы, кг	25,30±1,61	26,44±0,71	23,42±1,42
Среднесуточный прирост, г	562±36	588±16	520±32
Потреблено корма на 1 гол., кг	95,1	95,5	96,3
Расход корма на 1 кг прироста, кг	3,75	3,61	4,11
Сырого протеина, г	563	488	526
Обменной энергии, МДж	43,6	41,9	48,1
Второй период откорма 158-201 день			
Живая масса в начале периода, кг	67,0±1,54	69,45±1,28	64,4±2,3
Живая масса в конце периода, кг	96,5±1,4	96,1±1,5	90,4±1,5
Прирост живой массы, кг	29,5±1,10	26,65±0,54	26,0±0,97
Среднесуточный прирост, г	670±25	605±12	591±22

Потреблено корма на 1 гол., кг	130,2	131,0	130,3
Расход корма на 1 кг прироста, кг	4,40	4,91	5,01
Сырого протеина, г	626	629	606
Обменной энергии, МДж	55,2	55,1	61,7
продолжение таблицы 3			
За весь период откорма 112-201 день			
Живая масса в начале периода, кг	41,70±2,69	43,01±1,59	40,98±3,61
Живая масса в конце периода, кг	96,5±1,4	96,1±1,5	90,4±1,5
Прирост живой массы, кг	54,8±1,68	53,09±0,43	49,42±2,14
Среднесуточный прирост, г	616±19	596±35	555±24
Потреблено корма на 1 гол., кг	225,3	226,5	226,6
Расход корма на 1 кг прироста, кг	4,11	4,20	4,58
Сырого протеина, г	597	559	568
Обменной энергии, МДж	47,5	49,2	53,0

Из этого можно сделать заключение, что снижение содержания сырого протеина в комбикорме на 10% при доведении до нормы незаменимых аминокислот (лизина, метионина, треонина) является вполне приемлемым способом экономии высокобелковых кормов. Дальнейшее снижение уровня сырого протеина в комбикорме оказало отрицательное влияние на прирост и конверсию корма на единицу прироста.

Результаты балансового опыта показали, что у свиней опытных групп при меньшем количестве переваренного сырого протеина в желудочно-кишечном тракте выделение азота с мочой было достоверно ниже, чем у контрольных животных. При этом использование азота как от принятого, так и от переваренного было достоверно выше у свиней опытных групп по сравнению с контролем (табл. 4). Однако у свиней опытных групп наблюдалось снижение отложения азота в теле, вследствие низкой переваримости азота корма. Данные по использованию азота корма согласуются с показателями интенсивности роста свиней, что в значительной степени обусловлено уровнем анаболических процессов азотистых соединений и отложением белка в организме животных. Снижение переваримости протеина корма у животных опытных групп могло быть связано с различием в пропорции белковых кормов, которые входили в состав комбикорма. О снижении переваримости протеина корма у свиней, получавших низкопротеиновые рационы с добавками аминокислот, в сравнении с контрольным рационом, сообщалось ранее Kerr, Easter (1995); Gomez et al. (2005).

Таблица 4. Использование азота корма свиньями в период откорма

Показатели	Группы		
	1	2	3
Принято азота с кормом:			
г /сут	72,83 ± 0,38	65,56 ± 0,34	61,61 ± 0,32
г / кг ЖМ <sup>0,75</sup>	2,38 ± 0,01	2,15 ± 0,01	2,12 ± 0,01
Выделено, г. / сут:			
с калом	16,12 ± 0,45	15,58 ± 0,30	14,98 ± 0,73
с мочой	33,39 ± 1,46	27,77 ± 0,98*	25,43 ± 1,69*
Переварено:			
г / сут	56,71 ± 0,86	49,98 ± 0,60*	46,63 ± 1,14*
%	77,90	76,23	75,68
Отложено в теле:			
г /сут	23,32 ± 0,78	22,31 ± 0,61	21,20 ± 0,86
г / кг ЖМ <sup>0,75</sup>	0,76 ± 0,03	0,73 ± 0,02	0,729 ± 0,03
% от принятого	32,02 ± 0,76	34,03 ± 0,65	34,41 ± 0,83
% от переваренного	41,12 ± 0,85	44,64 ± 0,56*	45,46 ± 0,92*

Примечание: \* - P < 0,05

Контрольный убой, проведенный в конце откорма, показал, что по убойному выходу между животными подопытных групп не было разницы, однако имелась некоторая тенденция к меньшему выходу сала и внутреннего жира у свиней третьей группы.

### Заключение

Проведенные нами исследования свидетельствуют о возможности использования низкопротеиновых рационов для свиней, при условии балансирования аминокислотами состава протеина корма до уровня «идеального протеина». Но при этом выяснилось, что необходимо соблюдать определенный уровень протеина в корме и соотношение аминокислот в рационе. В нашем опыте снижение переваримости протеина корма в опытных группах могло быть связано с различным количеством ввода белковых кормов в состав комбикормов. Противоречивые данные, особенно по динамике прироста мышечной массы и отложению белка в организме животных получены и другими исследователями при использовании в кормлении свиней рационов с низким уровнем протеина, но сбалансированных добавками аминокислот до состава «идеального» протеина. Так, в исследованиях Smith (1997) и Gomez et al. (2005) сообщалось о снижении массы мышц и отложения белка в теле у свиней, получавших рационы с «идеальным» протеином. С другой стороны, в работах Tuitoek et al. (1997) и Knowles et al. (1998) не было выявлено существенных изменений в массе мышц и отложении белка в теле свиней при скармливании низкопротеиновых рационов с добавками аминокислот, а в исследованиях Piva et al. (1993) и Grandhi R.R., Nyachoti (2002) отмечено по-

вышение выхода мяса и ретенции азота у помесей, получавших рационы с «идеальным» протеином.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о перспективности использования низкопротеиновых рационов для свиней при условии балансирования аминокислотами состава протеина корма до уровня «идеального протеина». При этом повышается экономическая эффективность использования протеина корма на 5-6 % за счет снижения количества сырого протеина в рационах на 10 %, то есть с содержанием его в 1 кг комбикорма 135 г в первый и 128 г во второй периоды откорма. Дальнейшее снижение сырого протеина в комбикорме (до 15%) приводит к снижению интенсивности роста животных, повышенному расходу энергии и протеина на продукцию и снижению переваримости протеина.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фесина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. М.; 2003: 456.
2. Лебедев П.Т., Усович А.Т. Методы исследования кормов и тканей животных. М.: Россельхозиздат, 1976.
3. Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве М.: Колос, 1976: 210.
4. Kerr B.J., Easter R.A. Effect of feeding reduced protein, amino acids supplemented diets on nitrogen and energy balance in grower pigs. *J. Anim. Sci.*, 1995, 73: 3000-3008.
5. Gomez R.S., Lewis A.J., Miller P.S. et al. Body composition and tissue accretion rates of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding levels. *J. Anim. Sci.*, 2002, 80: 654-662b.
6. Smith J.W., O'Quinn P.R., Goodland R.D., Tokach M.D., Nelssen J.L. The effects of low-protein, amino acid fortified diets, formulated on a net energy basis, on growth performance and carcass characteristics of finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 1999, 76 (Suppl. 2): 61 (Abstr.).
7. Tuitoek K., Young L.G., De Lange C.F.M., Kerr B.J. The effect of reducing excess dietary amino acids on growing-finishing pig performance: an evaluation of the ideal protein concept. *J. Anim. Sci.*, 1997, 75: 1575-1583.
8. Knowles T.A., Southern L.L., Binder T.D., Kerr B.J., Friesen K.G. Effect of dietary fiber or fat in low-crude protein, crystalline amino acid-supplemented diets for finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 1998, 76: 2818-2832.
9. Piva G., Prandini A., Ferrarini F. et al. Low protein diets and performances, carcass quality and nitrogen excretion of typical Italian heavy pigs. In: Proc. First Int. Sump. On Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences. EAAP Publ. No. 69. Pudoc, Wageningen, The Netherlands. 1993, p 212.

10. Grandhi R.R., Nyachoti C.M. Effect of true ileal digestible dietary methionine to lysine ratios on growth performance and carcass merit of boars, gilts and barrows selected for low back fat. *Can. J. Anim. Sci.*, 2002, 82: 399-407.

## **О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ СОПОДЧИНЕННОГО РОСТА ЭЛЕМЕНТОВ СКЕЛЕТНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ У МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ**

*А.А. Петраков, Г.Г. Черепанов, Н.С.-А. Ниязов*

*По данным регистрации живой массы, линейных промеров и обвалки туш у помесных поросят в период от рождения до 105-дневного возраста выявлена прямо пропорциональная зависимость массы скелета от индексной переменной, представленной произведением линейного промера на массу скелетных мышц в степени 0,6.*

### **Введение**

Темпы роста, состав прироста и текущие потребности в питательных веществах непрерывно изменяются у растущих животных и зависят от многих факторов и их взаимодействий, в том числе от генотипа и условий питания, поэтому важно знать закономерности формирования морфологического состава тела. Габариты тела в основном определяются линейными размерами костей скелета; объемные показатели – развитием скелетных мышц и отложением жира; масса тела зависит от общего объема и плотности тканей. При этом, помимо генетически детерминированных соотношений, важное значение имеют эпигенетические факторы, проявляющиеся в закономерностях соподчиненного роста и развития тканей и органов. В частности, в развитии костно-мышечной системы эти факторы проявляются в процессе формирования антигравитационной функции.

Своими сухожильными концами мышцы обычно прикреплены к концам кости, поэтому растущая в длину кость постоянно растягивает мышцу, что само по себе оказывает стимулирующее действие на процессы биосинтеза. В свою очередь, механические усилия, передающиеся через сухожильные окончания на кость, вызывают изменение массы и архитектоники скелетного материала. Вследствие пьезоэлектрических свойств кости компрессия костного материала сопровождается образованием зон электропотенциала, инициирующего процессы ремоделирования, роста кости в толщину и ее минерализации (Harris, Neany, 1969). Влияние механической нагрузки на динамику поперечного роста кости хорошо документировано и отражено, в частности, в концепции «механостата» (Frost, 1987). Хотя феномен существования межтканевых корреляций не вызывает сомнений, закономерности соподчиненного роста у продуктивных животных изучены слабо. Поэтому целью работы было изучить некоторые

количественные аспекты взаимного влияния основных составляющих скелетно-мышечной системы в процессе постнатального роста у свиней.

### Методика исследований

Материалом для анализа послужили данные измерений, проведенных в 2201-2002 гг в виварии института на поросятах - помесях ландрас х крупная белая (научный руководитель – д.б.н. Дудин В.И.). С 10-дневного возраста поросят подкармливали комбикормом УСК-3-4, а с 61 до 105 –дневного они получали комбикорм СК-5 в количестве, предусмотренном промышленной технологией в период выращивания, которое фактически соответствовало потреблению вволю. Данные по составу комбикорма приведены в таблице 1. В период от 40- до 105-дневного возраста потребление обменной энергии составляло в среднем 1,35 МДж/кг ЖМ<sup>0,75</sup>.

В эксперименте предусматривалось изучение физиолого-биохимических особенностей роста поросят при отъеме в возрасте 28, 40 и 60 дней, но для целей проведенного в данной работе анализа использовалась вся совокупность данных без подразделения на группы, различавшиеся по срокам отъема.

Таблица 1. Состав комбикорма для поросят

Содержание в 1 кг комбикорма	УСК-3-4	СК-5
Сырой протеин, г	192,2	167,0
Сырой жир, г	54,6	47,1
Клетчатка, г	36,3	47,2
Кальций, г	10,5	8,8
Фосфор, г	8,4	7,9
Лизин, г	11,1	9,1
Метионин + цистин, г	6,4	5,8
Обменная энергия, МДж	12,8	12,4

В возрасте 1, 15, 28, 40, 60 и 105 дней животных взвешивали индивидуально и измеряли следующие линейные показатели (см): высота в холке (Н), длина от кончика носа до репки хвоста (L1), длина от холки до репки хвоста (L2). После убоя проводили обваловку туш с определением массы мышц, костей и отделяемого жира. Количество убитых животных по отдельным возрастным срокам варьировало от 5 до 13. Для анализа возрастной динамики показателей использовали средне-групповые значения.

### Результаты и обсуждение

При анализе всего массива данных весовые показатели общего роста поросят характеризовались нелинейной временной динамикой, соответствующей фазе «самоускоряющегося» роста с некоторым отклонением в сторону снижения от общей тенденции в период отъема, т.е. в интервале 40 - 60 дней (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1. Динамика показателей линейного и весового роста поросят

п	Возраст, дни	Н, см	L1, см	L2, см	W, кг	Ms, кг	Mm, кг	Mc, кг	Mf, кг
5	1	17,2	24,9	37,8	1,62	0,42	0,53	1,22	0,28
5	15	22,9	38,7	51	4,26	0,70	1,30	2,78	0,78
5	28	28,1	49,7	60,3	8,92	1,00	2,89	5,65	1,76
10	40	31,0	48,7	67,5	9,57	1,13	3,13	5,72	1,46
13	60	36,1	59,9	77,8	14,87	1,53	4,67	8,41	2,21
15	105	49,3	87,8	109,9	39,79	3,88	12,57	25,00	8,55

Примечания: Н – высота в холке, см; L1 – длина от кончика носа до репки хвоста; L2 – длина от холки до репки хвоста; W – живая масса, кг; Ms – масса костей скелета, кг; Mm – масса скелетных мышц, кг; Mc – масса туши, кг; Mf – жир туши, кг.

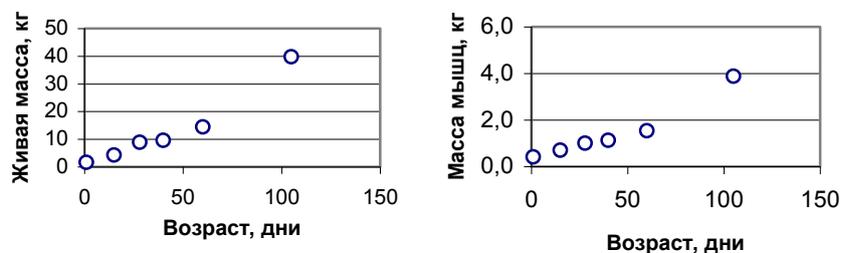


Рис. 1. Динамика роста живой массы и массы мышц. Каждая точка представляет средне-групповое значение массы.

Вместе с тем, зависимость роста массы скелета от составных переменных  $H \cdot Mm^{0.6}$ ,  $L1 \cdot Mm^{0.6}$  и  $L2 \cdot Mm^{0.6}$  на протяжении периода исследований была линейной и несмещенной относительно начала координат с небольшим отклонением в период новорожденности (1 – 15 дней) (рис. 2).

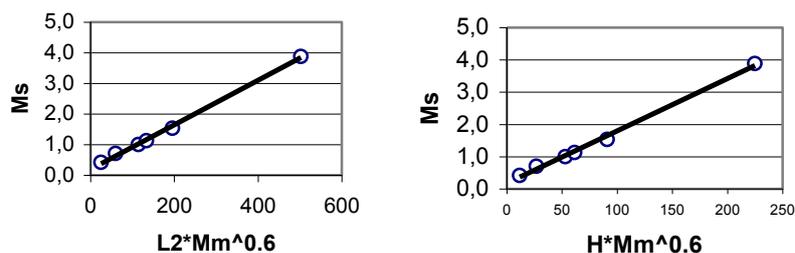


Рис. 2. Линейная зависимость массы скелета от индексной переменной, учитывающей соподчиненный рост линейных размеров тела и массы скелетных мышц у растущих поросят. Каждая точка представляет средне-групповое значение для временных сроков 1, 15, 28, 40, 60 и 105 дней.

Масса туши тесно коррелировала с живой массой при среднем значении убойного выхода 60% (рис. 3).

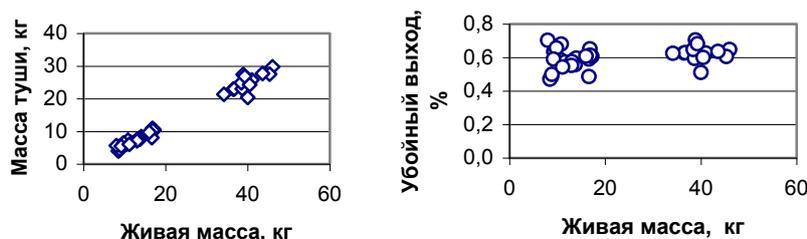


Рис. 3. Зависимость массы туши и убойного выхода от живой массы у растущих поросят в возрасте 60 и 105 дней.

Если учесть известные данные о зависимости поперечного роста трубчатой кости от величины внутреннего напряжения при механической нагрузке, то биологический смысл зависимости массы скелета от индексной переменной, представленной произведением линейного промера и массы скелетных мышц, на наш взгляд, можно уяснить, рассмотрев аналитические выражения для нормального напряжения ( $\sigma$ ) в круглой балке при ее изгибе. Согласно теории сопротивления материалов, если сечение балки представляет собой сплошной круг или круг с небольшим отверстием в центре, то зависимость внутреннего напряжения от внешнего радиуса сечения балки имеет вид:

$$\sigma = M/W_z = M/(\alpha R^3) \quad (1)$$

где  $M$  – момент изгиба балки,  $W_z$  – момент сопротивления площади поперечного сечения и  $\alpha$  – коэффициент. Можно предположить, что момент изгиба пропорционален массе мышц и что существует некоторое наилучшее для поперечного роста значение нормального напряжения  $\sigma_{opt}$ , так что при систематическом увеличении нагрузки в процессе роста кость увеличивается в поперечнике до достижения этого оптимального значения. С учетом этого соотношение (1) можно представить в таком виде:

$$\sigma_{opt} = Mm/\alpha R^3, \quad (2)$$

следовательно,  $R^3 = Mm/\alpha\sigma_{opt}$  и  $R = \gamma Mm^{1/3}$ , где  $\gamma = (\alpha\sigma_{opt})^{1/3}$ . Подставив найденное значение  $R$  в выражение для площади поперечного сечения кости ( $S$ ), получаем:

$$S = \pi \gamma^2 Mm^{2/3}, \quad (3)$$

и масса кости, пропорциональная ее объему, в рассматриваемой модели равна

$$Ms = k * H * Mm^{0.75}, \quad (4)$$

где  $k$  - постоянный коэффициент.

Поскольку морфологически реальные кости отличаются от рассмотренной модельной балки, эмпирически найденное значение степени при  $Mm$  в выражении (1) не совпадает (и не должно совпадать в точности) с величиной 0,75. Используя выявленные взаимосвязи мы попытались использовать измерения

массы тела и промеров для косвенной оценки массы мышц у отдельных животных, с последующей проверкой прогноза по данным обваловки туш. Прижизненные измерения накопления жира в данном опыте не проводили, поэтому для приближенной оценки суммарной массы мышц и костей у каждого животного из расчетной величины массы туши при среднем значении убойного выхода 60% вычли измеренное при убое средне-групповое значение содержания жира в туше для данного возраста.

Таким образом, измеренные линейные показатели, массу туши за вычетом жира ( $M_{с-ф}$ ) и массу мышц можно представить в виде уравнения с одним неизвестным - массой мышц, в частности, в такой форме:

$$M_{с-ф} = M_s + M_m = 0,017 \cdot H \cdot M_m^{0,6} + M_m \quad (5)$$

Расчетные значения массы мышц, полученные путем численного решения трансцендентного уравнения (5), сопоставленные с фактическими измерениями, приведены на рис. 4. Соответствие измеренных и предсказанных величин статистически достоверно для обоих возрастных сроков, хотя в возрасте 105 дней коэффициент корреляции оказался ниже, чем в возрасте 60 дней, что, вероятно, связано с использованием не индивидуальных, а средне-групповых значений содержания жира в туше. Этот источник рассеяния можно в дальнейшем элиминировать путем проведения прижизненной регистрации жира отложения, например, измеряя толщину шпика на спине, т.е. в перечень прижизненных измерений, помимо взвешивания, контроля за потреблением корма и измерения толщины сала, целесообразно включать показатели линейного роста и проводить анализ данных по вышеописанной схеме.

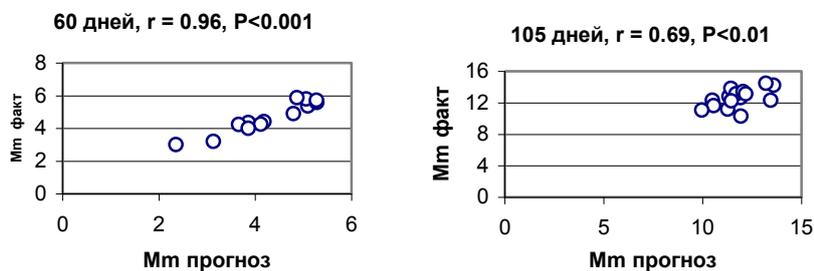


Рис. 4. Сопоставление измеренной при убое массы мышц ( $M_m$  факт) с прижизненной ее оценкой по живой массе, средне-групповому значению содержания жира и высоте в холке у растущих поросят ( $M_m$  прогноз) для поросят в возрасте 60 и 105 дней.

Если такие комплексные измерения проводить систематически на животных разного генетического происхождения и при различных условиях кормления и сформировать соответствующие базы данных, то появится возможность адаптировать системные модели (Черепанов, 1994, 2002) для прогнозирования роста конкретных генотипов в условиях производства и для племенных целей. В свою очередь, знание динамики формирования морфологического и химического состава тела позволит оптимизировать рационы по

энергии, протеину и аминокислотам (с использованием концепции идеального протеина).

В настоящее время, пока такой базы комплексных данных еще нет, не менее важно выявление природы функциональной связи между показателями, характеризующими разные аспекты формирования состава тела в процессе роста. Численные значения коэффициентов всегда можно уточнить по данным измерений, если известна форма зависимостей, отражающих внутренние общебиологические закономерности роста и развития (Шмидт-Ниельсен, 1987). Зависимость массы скелета от индексной переменной, приведенная на рис. 2, ранее была отмечена при анализе роста молодняка крупного рогатого скота (Черепанов, 1994). Такая же зависимость получена нами при анализе измерительных данных, приведенных в работе (Wagner et al., 1999), в которой авторы изучали динамику роста у поросят пяти генетических групп в интервале 25 - 150 дней. Поэтому можно предположить, что это не случайная эмпирическая зависимость, относящаяся к данному конкретному случаю, но отражение важной общебиологической закономерности, форма которой инвариантна по отношению к варьированию генотипических и паратипических факторов (подобно «закону поверхности» Рубнера). Выявление таких устойчивых инвариантных взаимосвязей может послужить ориентиром для более детальных исследований и облегчить решение задач, связанных с разработкой тестов для прижизненной оценки и прогнозирования продуктивных качеств.

### **Выводы**

1. У растущих поросят показано наличие прямо пропорциональной взаимосвязи между массой скелета и индексной переменной, представленной в форме произведения линейного промера и массы скелетных мышц в степени 0,6. С привлечением теории сопротивления материалов эту взаимосвязь можно объяснить общебиологической закономерностью, связанной с существованием оптимального для поперечного роста кости значения внутреннего напряжения при нагрузках, пропорциональных увеличивающейся массе скелетных мышц.

2. Выявленную взаимосвязь можно использовать для прижизненной оценки массы мышц на основе комплекса измерений, включающих показатели линейного роста, живой массы, потребления корма и регистрации жиросодержания в теле.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Черепанов Г.Г. Системная морфо-физиологическая теория роста животных. Обнинск-Боровск, 1994.
2. Черепанов Г.Г. Системно-кинетические принципы и модели в теории питания продуктивных животных. Боровск, изд. ВНИИФБиП, 2002.

3. Frost H.M. Bone «mass» and the «mechanostat»: a proposal. *Anat. Rec.*, 1957, 219: 1-9.
4. Harris W.H., Heany M.D. Skeletal renewal and metabolic bone disease. *New Engl. J. Med.*, 1969, 280: 253-259.
5. Шмидт-Ниельсен К. Размеры животных – почему они так важны? М.: Мир, 1987.
6. Wagner J.R., Schinckel A.P., Chen W., Forrest J.C., Coe B.L. Analysis of body composition changes of swine during growth and development. *J. Anim. Sci.*, 1999, 77: 1442-1466.

### **ДИНАМИКА МЕТАБОЛИТОВ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА В ПОДКОЖНОМ ЖИРЕ СВИНЕЙ В ПЕРИОД ВЫРАЩИВАНИЯ И ОТКОРМА**

*Д.Е. Панюшкин*

Лаборатория межклеточного обмена веществ

*В результате проведенных экспериментов выявлена возрастная динамика изменений метаболитов липидного обмена в подкожном жире свиней. Обнаружена достоверно высокая зависимость между концентрациями общих липидов и основных жирных кислот в подкожном жире свиней в период откорма. На основе полученных данных разработаны линейные модели для предварительной оценки качества мясной продукции у свиней в период откорма.*

#### **Введение**

Известно, что жирнокислотный состав животноводческой продукции оказывает большое влияние на ее качество. Так, например, в свинине нежелательны высокие уровни полиненасыщенных ВМЖК, так как они неблагоприятно влияют на органолептические показатели и сроки хранения продукции (Wamants et al., 1996; Scheeder et al., 1998). Отсюда вытекает необходимость в проведении исследований, направленных на выяснение процессов, происходящих при отложении липидов в подкожном жире (ценном высокоэнергетическом продукте, потребляемом во многих регионах мира). Кроме того, необходимо разработать комплексный метод оценки качества свинины с точки зрения ее липидных составляющих. Такой подход, заключающий в себе прижизненную оценку качества продукции, в дальнейшем позволит целенаправленно влиять на получение продукции с желательными свойствами.

## Материалы и методы

В условиях вивария института в течение 3-х лет проводились опыты на свиньях, по результатам которых накоплен научный материал по липидному составу подкожного жира свиней.

Исследования первого года заключались в определении показателей липидного обмена при различном уровне аминокислотной сбалансированности комбикормов для свиней. Опыты проводились на помесных поросятах (крупная белая×ландрас; крупная белая×польский ландрас Pisi-402) в возрасте 109-239 дней. Животные контрольной группы получали типовые комбикорма с премиксами КС-3, КС-4 и КС-5, а комбикорма животных опытной группы были сбалансированы по питательности за счет повышения уровня сырого протеина и незаменимых аминокислот (лизина и метионина+цистина) в рационе.

Следующий этап заключался в установлении особенностей липидного обмена у помесных свиней с определенными породными различиями. Опыт проведен на помесных поросятах: крупная белая х ландрас (1-я группа) и крупная белая х Pisi-402 (2-я группа), подобранных с учетом пола, возраста (55-58 суток) и живой массы. Животные обеих подопытных групп в разные возрастные периоды – доращивания до 104 дней, первый период откорма до 154 дней и второй период откорма до 222 дней, получали полнорационные комбикорма типа СК-5, СК-6 и СК-7 с премиксами КС-3, КС-4 и КС-5. Комбикорма для всех животных были одинаковыми по питательности и содержанию биологически активных веществ, в соответствии с нормами кормления растущих и откармливаемых свиней.

На заключительном этапе изучали влияние рационов с различным уровнем протеина и незаменимых аминокислот на показатели липидного обмена при формировании мясной продуктивности у растущих свиней. Опыт проведен на 39 помесных боровках (крупная белая × ландрас х Pisi-402) с живой массой 16-17 кг в 57-60-суточном возрасте. Из подопытных животных были сформированы 3 группы по 13 голов.

В период доращивания, до достижения живой массы поросят 40-42 кг, проводилось раздельное кормление животных. Животные 1-й (контрольной) группы в этот период получали сбалансированные по питательным веществам рационы, с содержанием в 1 кг: обменной энергии – 12,14 МДж; сырого протеина – 172 г; сырого жира – 4,27; сырой клетчатки – 4,40; лизина – 7,7; метионина+цистина – 4,6; треонина – 4,8. В комбикормах для свиней 2-й (опытной) группы концентрация сырого протеина была снижена на 8% и в 1 кг корма содержалось: сырого протеина – 159 г; лизина – 8,1 г; треонина – 5,05 г; метионина+цистина – 4,85 г. В 3-й (опытной) группе – на 11%. В 1 кг корма содержалось: сырого протеина – 153 г; лизина – 8,1 г; треонина – 5,05 г; метионина+цистина – 4,85 г. Уровень обменной энергии в корме при этом оставался одинаковым для всех групп подопытных животных.

В течение всех этапов исследований учитывали потребление комбикормов, расход корма на единицу прироста и определяли химический состав

потребляемых компонентов комбикорма. В начале опыта и в конце каждого возрастного периода проводили индивидуальное взвешивание животных. В конце периодов выращивания, после проведения балансовых опытов, проводили убой поросят и делали обвалку туш подопытных животных с отбором образцов тканей.

В подкожном жире определяли показатели липидного обмена с помощью следующих методов анализа: экстракция общих липидов из всех субстратов по общеизвестной методике Folch (1957); высокомолекулярные жирные кислоты (ВМЖК) определяли методом газожидкостной хроматографии на приборе CHROM-5 (Laboratorni Pstroje Praha); использовалась стеклянная колонка ( $l=300$  см,  $d=0,4$  см), содержащая готовый сорбент Shimalite (60-80) + Diethylene glycol succinate (Shimadzu, Japan). В качестве несущего газа применяли азот (осч), в плазменно-ионизационном детекторе использовали смесь водорода (осч) с воздухом, пропущенным через молекулярное сито. ВМЖК общих липидов подвергали метилированию с целью получения метиловых эфиров. Для получения количественных данных по ВМЖК, общие липиды предварительно подвергали омылению, определяя в них истинное количество жирных кислот (Коган, 1975; Пустовой, 1978; Березкин, 1986).

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по общепринятым статистическим методам (Снедекор, 1961; Лакин, 1990).

### **Результаты и обсуждение**

Проводимые по данной тематике исследования в основном преследовали своей целью изучение белково-аминокислотного обмена у помесных свиней при скармливании им рационов с разным уровнем протеина и лимитирующих аминокислот. При этом каких бы то ни было различий в жирнокислотном составе рационов у подопытных животных разных групп в одинаковые возрастные периоды не было замечено.

В исследованиях первого и заключительного этапа не обнаружено достоверной разницы в выходе подкожного жира у различных групп свиней как в период выращивания, так и во время откорма (табл. 1). В некоторых случаях наблюдалась некоторая зависимость, указывающая, что скармливание сбалансированного по протеиновой питательности комбикорма оказывает влияние на уменьшение концентрации липидов в жировых отложениях свиней, по-видимому, выражающееся в снижении количества соединительнотканых волокон. Однако эти данные не нашли подтверждения в последующих опытах. Таким образом, можно сделать заключение о минимальном эффекте влияния добавок синтетических аминокислот на показатели липидного обмена у свиней при условии, что их рацион достаточно оптимально сбалансирован по содержанию сырого жира.

В эксперименте, проведенном на помесных животных (2-й этап исследований), также не установлено достоверных межгрупповых различий по показателям липидного обмена и выходу жировой ткани. Это, по-видимому, свя-

зано с тем, что обе используемые в исследованиях помеси пород крупная белая х ландрас и крупная белая х Ріс-402 не селекционировались на улучшение показателей, отвечающих за качество жира (за исключением накопления подкожного жира). Известно, что селекция данных пород прежде всего была направлена на улучшение качества мяса и на повышение его количественного выхода при убое.

**Таблица 1. Живая масса, среднесуточные приросты и расход корма на единицу прироста в период откорма свиней**

Показатели	1-й этап		2-й этап		3-й этап		
	контрольная	опытная	кр. белая + ландрас	кр. белая + Рис-402	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Период дорашивания							
Живая масса в начале периода, кг			15,60±0,55	14,99±0,65	24,16±1,01	24,31±0,79	24,61±0,97
Живая масса в конце периода, кг			36,45±1,08	36,02±1,35	42,53±1,62	43,55±1,16	42,18±2,26
Прирост живой массы, кг			20,85±0,82	21,03±0,87	18,37±1,06	19,24±0,97	17,57±2,76
Среднесуточный прирост, г			426,0±17,0	429,0±18,0	540±31	566±28	517±81
Потреблено корма на 1 голову, кг			68,0	68,0	52,01	52,10	51,3
Расход корма на 1 кг прироста, кг			3,26	3,23	2,84	2,71	2,92
Выход мяса, кг			15,2	14,38	15,73	16,73	14,83
Выход подкожного жира, кг			2,92	2,72	2,65	2,88	3,05
Период откорма							
Живая масса в начале периода, кг	34,56±0,35	38,53±0,42	36,25±1,27	36,20±1,76			
Живая масса в конце периода, кг	110,3±1,25	119,6±1,45*	106,07±4,77	111,07±5,78			
Прирост живой массы, кг	75,74	81,07	69,82	74,87			
Среднесуточный прирост, г	582±43	623±48	577	619			
Потреблено корма на 1 голову, кг	317,5	317,5	301,8	301,8			
Расход корма на 1 кг прироста, кг	4,19	3,92	4,32	4,03			
Выход мяса, кг	36,96	40,16	37,86	41,48			
Выход подкожного жира, кг	21,26	19,06	13,34	12,86			

Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что помесные свиньи имели практически одинаковые параметры липидного обмена, а добавление в рацион синтетических аминокислот не оказывало значительного влияния на жирнокислотный состав тканей организма.

Проведенные эксперименты позволили получить интересные данные в контексте изучения липидного метаболизма у свиней. При обобщающем анализе были найдены различия в количественном содержании метаболитов липидного обмена в зависимости от возраста.

Известно, что жировая ткань свиней в основном локализуется в подкожной клетчатке, в меньшей степени – в сальнике, межмышечной ткани, в области почек и сердца. Качество жировой ткани, с точки зрения органолептических и технологических свойств, характеризуется ее жирнокислотным составом, а также соотношением липидов и воды (Lebret, Mourot, 1998). Точка плавления жирных кислот жировой ткани свиней лежит в пределах 37-43 °С. Организм животных может регулировать точку плавления жиров (в определенных пределах) путем уменьшения концентрации олеиновой и повышения стеариновой кислоты, как например, в случае высокого поступления линолевой. Жирнокислотный состав подкожного жира определяется четырьмя основными жирными кислотами: пальмитиновой, стеариновой, олеиновой и линолевой (Аникин, 1988).

Обобщенные за несколько лет результаты наших исследований показали, что с возрастом (с периода доращивания и до конца периода откорма) в подкожном жире свиней происходит линейное увеличение концентрации общих липидов примерно на 45% и суммы жирных кислот на 48% (табл. 2). При этом процентное отношение суммы жирных кислот к количеству общих липидов изменялось незначительно и составляло 86,3% в период доращивания и 86,6% в период откорма. Также не обнаружено большого варьирования и в соотношении сумм насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных ВМЖК. Эти данные свидетельствуют о сбалансированном и равномерном питании подопытных свиней в условиях опыта, а также указывают на значительную устойчивость процентного соотношения различных групп жирных кислот между собой. Полученные данные характеризуют возрастную динамику концентрации липидных метаболитов в теле свиней.

При исследовании возрастной динамики жирнокислотного состава подкожного жира поросят с периода доращивания и до конца периода откорма обнаружено достоверное увеличение концентрации жирных кислот (табл. 2).

Таблица 2. Жирнокислотный состав подкожного жира свиней, г%

Наименование	Период доращивания		Период откорма	
	M±m	Cv	M±m	Cv
Общие липиды	54,753±2,172	13,74	79,542±4,924*	20,53
Сумма жирных кислот	46,810±1,437	10,63	69,693±5,609*	26,69
Насыщенные,	20,750±0,732	12,22	31,068±2,497*	26,65
в т.ч. каприловая	0,132±0,008	21,51	0,212±0,007*	11,00
каприновая	0,450±0,038	29,09	0,663±0,036*	18,03
лауриновая	0,665±0,026	13,39	1,024±0,064*	20,65
миристиновая	1,490±0,066	15,27	2,231±0,179*	26,55
пальмитиновая	11,294±0,394	12,07	16,109±1,387*	28,56
стеариновая	6,719±0,224	11,54	10,828±0,835*	25,58
Мононенасыщенные,	21,194±0,389	6,36	31,391±2,753*	29,09
в т.ч. пальмитолеиновая	0,120±0,015	44,48	0,217±0,024*	36,20
олеиновая	21,074±0,375	6,16	31,174±2,768*	29,45
Полиненасыщенные,	4,865±0,330	23,51	7,235±0,369*	16,93
в т.ч. линолевая	3,667±0,275	26,01	5,257±0,309*	19,50
линоленовая	0,864±0,037	15,04	1,447±0,049*	11,25
арахидоновая	0,335±0,026	26,79	0,530±0,021*	13,21
Соотношение жирных кислот, %				
насыщенные	44,25		44,58	
мононенасыщенные	45,48		44,75	
полиненасыщенные	10,27		10,67	
Отношение ненасыщенные/насыщенные	1,26		1,24	

\* – различия между периодами выращивания достоверны (P<0,01)

Так концентрация пальмитиновой кислоты возросла на 42,63%, стеариновой на 61,14%, олеиновой на 47,92% и линолевой на 43,37%. Наиболее заметно увеличилась концентрация пальмитолеиновой кислоты (81,26%), однако при этом коэффициент вариации также был значительно высок, что указывает на сильную изменчивость этого метаболита в зависимости от индивидуальных особенностей животных. Интересно, что наименьшая степень варьирования наблюдалась у линолевой кислоты, что объясняется равной концентрацией этого вещества в составе комбикормов свиней и, следовательно, одинаковым его поступлением в организм.

В наших исследованиях обнаружено значительное увеличение концентрации арахидоновой кислоты в связи с возрастом животных. Однако эти наблюдения не согласуются с общепризнанными данными о слабой изменчивости этого метаболита у поросят, начиная с месячного возраста (Moody et. al.,

1978), поэтому данные наблюдения требуют дальнейшей дополнительной проверки.

Одной из главных задач, стоящих перед исследователями, является поиск путей раннего прогнозирования откормочных качеств свиней. Для достижения этой цели необходимо выявить корреляционные зависимости между основными показателями, характеризующими эти качества. Применяв статистический метод обработки, мы выявили такие связи между концентрациями метаболитов липидного обмена и установили, что в период дорацивания количество общих липидов достоверно коррелировало только с концентрацией лауриновой и пальмитиновой кислот, тогда как в конце периода откорма эта связь была достоверно высока почти со всеми ВМЖК, кроме каприловой, пальмитолеиновой и арахидоновой (табл. 3). Кроме этого обнаружены множественные взаимосвязи различных групп жирных кислот между собой, указывающие на сложный механизм их взаимодействия при накоплении в жире животных.

На основе установленных зависимостей концентрации жирных кислот с количеством общих липидов нами рассчитаны линейные модели, позволяющие прогнозировать жирнокислотный состав подкожного жира животных в период откорма.

$$\text{SumFA} = -20,51 + 1,1340 \times \text{OL}; (r = 0,996)$$

$$C_8 = 0,18851 + 0,30E-3 \times \text{OL}; (r = 0,210)$$

$$C_{10} = 0,08928 + 0,00722 \times \text{OL}; (r = 0,985)$$

$$C_{12} = 0,01014 + 0,01275 \times \text{OL}; (r = 0,985)$$

$$C_{14} = -0,6386 + 0,03608 \times \text{OL}; (r = 0,995)$$

$$C_{16} = -6,113 + 0,27937 \times \text{OL}; (r = 0,992)$$

$$C_{16:1} = 0,42218 - 0,0026 \times \text{OL}; (r = -0,534)$$

$$C_{18} = -2,628 + 0,16916 \times \text{OL}; (r = 0,997)$$

$$C_{18:1} = -13,19 + 0,55772 \times \text{OL}; (r = 0,992)$$

$$C_{18:2} = 0,28252 + 0,06254 \times \text{OL}; (r = 0,996)$$

$$C_{18:3} = 0,73481 + 0,00895 \times \text{OL}; (r = 0,898)$$

$$C_{20:4} = 0,33203 + 0,00249 \times \text{OL}; (r = 0,581)$$

где: OL – концентрация общих липидов в подкожном жире свиней, г%;

SumFA – сумма жирных кислот, г%;

C<sub>8</sub>-C<sub>20:4</sub> – концентрация жирных кислот, г%.

Таблица 3. Коэффициенты корреляции жирных кислот в подкожном жире свиней

Показатели	C <sub>8</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>16:1</sub>	C <sub>18</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>	C <sub>20:4</sub>	Сумма ВМЖК	Общие липиды
						Период доразривания							
C <sub>8</sub>	1,000	0,943	0,823	0,918	0,979	0,895	0,921	0,972	0,952	0,831	0,847	0,981	0,573
C <sub>10</sub>	0,943	1,000	0,926	0,946	0,948	0,921	0,933	0,967	0,960	0,783	0,904	0,979	0,564
C <sub>12</sub>	0,823	0,926	1,000	0,926	0,818	0,793	0,885	0,827	0,883	0,805	0,935	0,882	0,602
C <sub>14</sub>	0,918	0,946	0,926	1,000	0,876	0,852	0,943	0,891	0,952	0,906	0,901	0,943	0,490
C <sub>16</sub>	0,979	0,948	0,818	0,876	1,000	0,865	0,904	0,975	0,919	0,770	0,843	0,975	0,661
C <sub>16:1</sub>	0,895	0,921	0,793	0,852	0,865	1,000	0,810	0,936	0,942	0,640	0,776	0,912	0,372
C <sub>18</sub>	0,921	0,933	0,885	0,943	0,904	0,810	1,000	0,925	0,937	0,910	0,892	0,961	0,516
C <sub>18:1</sub>	0,972	0,967	0,827	0,891	0,975	0,936	0,925	1,000	0,964	0,765	0,833	0,988	0,545
C <sub>18:2</sub>	0,952	0,960	0,883	0,952	0,919	0,942	0,937	0,964	1,000	0,848	0,857	0,978	0,501
C <sub>18:3</sub>	0,831	0,783	0,805	0,906	0,770	0,640	0,910	0,765	0,848	1,000	0,768	0,843	0,525
C <sub>20:4</sub>	0,847	0,904	0,935	0,901	0,843	0,776	0,892	0,833	0,857	0,768	1,000	0,884	0,547
Сум. ВМЖК	0,981	0,979	0,882	0,943	0,975	0,912	0,961	0,988	0,978	0,843	0,884	1,000	0,578
Об. липи- ды	0,573	0,564	0,602	0,490	0,661	0,372	0,516	0,545	0,501	0,525	0,547	0,578	1,000
						Период откорма							
C <sub>8</sub>	1,000	0,337	0,300	0,128	0,100	0,651	0,190	0,096	0,236	0,555	0,752	0,134	0,210
C <sub>10</sub>	0,337	1,000	0,992	0,974	0,965	-0,430	0,979	0,964	0,978	0,914	0,613	0,972	0,985
C <sub>12</sub>	0,300	0,992	1,000	0,980	0,975	-0,440	0,987	0,972	0,982	0,910	0,611	0,980	0,985
C <sub>14</sub>	0,128	0,974	0,980	1,000	0,999	-0,590	0,996	0,999	0,987	0,855	0,507	0,999	0,995
C <sub>16</sub>	0,100	0,965	0,975	0,999	1,000	-0,611	0,995	1,000	0,985	0,847	0,502	0,999	0,992
C <sub>16:1</sub>	0,651	-0,430	-0,440	-0,590	-0,611	1,000	-0,532	-0,614	-0,493	-0,146	0,207	-0,582	-0,534
C <sub>18</sub>	0,190	0,979	0,987	0,996	0,995	-0,532	1,000	0,995	0,996	0,894	0,574	0,998	0,997
C <sub>18:1</sub>	0,096	0,964	0,972	0,999	1,000	-0,614	0,995	1,000	0,986	0,847	0,502	0,999	0,992
C <sub>18:2</sub>	0,236	0,978	0,982	0,987	0,985	-0,493	0,996	0,986	1,000	0,923	0,629	0,991	0,996
C <sub>18:3</sub>	0,555	0,914	0,910	0,855	0,847	-0,146	0,894	0,847	0,923	1,000	0,862	0,867	0,898
C <sub>20:4</sub>	0,752	0,613	0,611	0,507	0,502	0,207	0,574	0,502	0,629	0,862	1,000	0,532	0,581
Сум. ВМЖК	0,134	0,972	0,980	0,999	0,999	-0,582	0,998	0,999	0,991	0,867	0,532	1,000	0,996
Об. липи- ды	0,210	0,985	0,985	0,995	0,992	-0,534	0,997	0,992	0,996	0,898	0,581	0,996	1,000

На рисунке 1 наглядно показаны графические изображения линейных моделей (пунктиром отмечены области достоверности) по основным жирным кислотам (пальмитиновой, стеариновой, олеиновой и линолевой).

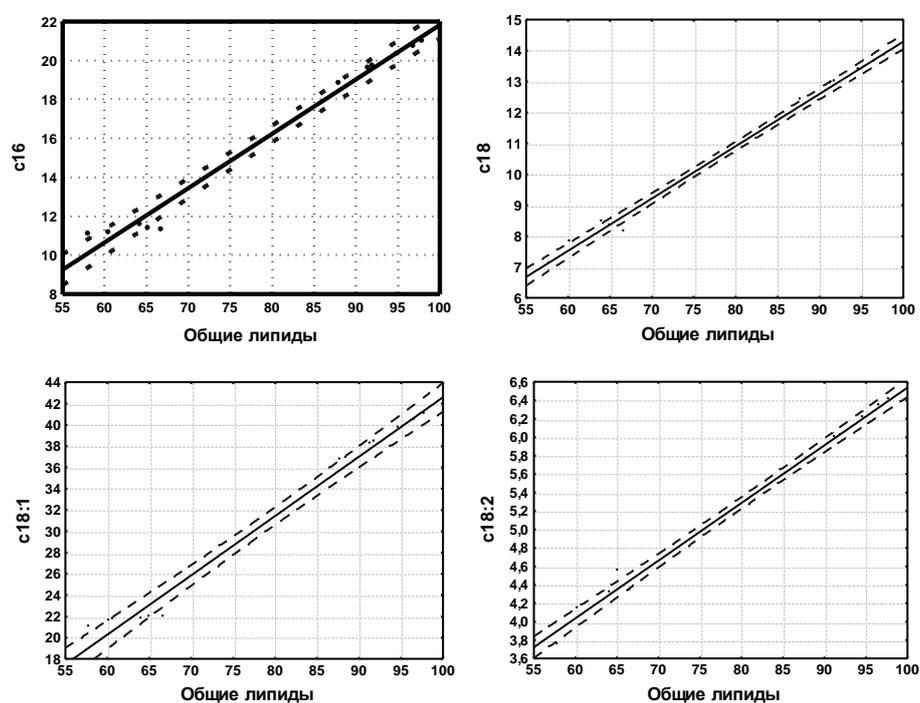


Рис. 1. Зависимость концентрации пальмитиновой, стеариновой, олеиновой и линолевой кислот от содержания общих липидов в подкожном жире свиней в период откорма.

В дальнейшем, по мере накопления научного материала, будут построены модели, характеризующие жирнокислотный состав подкожного жира и в другие возрастные периоды.

## Заключение

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о минимальном эффекте добавок синтетических аминокислот на липидный обмен у помесных свиней, при условии, что их рацион достаточно оптимально сбалансирован по содержанию сырого жира.

Обобщенные за весь период исследований результаты экспериментов выявили динамику возрастных изменений уровня метаболитов липидного обмена в подкожном жире свиней. Так, в подкожном жире свиней концентрация пальмитиновой кислоты возросла на 42,63%, стеариновой на 61,14%, олеиновой на 47,92% и линолевой на 43,37% с периода доразщивания до конца откорма.

В связи с необходимостью прогноза качества мясной продукции был проведен анализ взаимосвязи липидов в подкожном жире свиней, в результате которого обнаружены достоверно высокие зависимости концентраций липидных метаболитов во время откорма. Используя методы линейного моделирования, нами на основе полученных данных построены линейные модели, характеризующие состав ВМЖК подкожного жира свиней в зависимости от концентрации общих липидов. Предлагаемые нами линейные модели могут быть рекомендованы для предварительной оценки качества мясной продукции у свиней с конца периода доразщивания до заключительного этапа откорма, не прибегая к дорогостоящим методам анализа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аникин А.С. Потребность растущих откармливаемых свиней в линолевой кислоте и ее влияние на обмен веществ. Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук., Дубровицы, 1988: 24с.
2. Lebret B., Mourot J. Caracteristiques et qualite des tissus adipeux chez le porc. Facteurs de variation non genetiques. INRA Prod. Anim., 1998, 11 (2): 131-143.
3. Moody W.G., Enser M.B., Wood J.D., Restall D.J., Lister D. Composition on fat and muscle development in Pietrain and Large White piglets. J. Anim. Sci., 1978, 46: 618-632.
4. Wamants N., v. Oeckel M., Boucque C.V. Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids and its implications for the quality of the end products. Meat Sci., 1996, 44: 125-144.

5. Scheeder M.R.L., Glaser K., Schworer D., Wenk C. Oxidative stability and texture properties of fermented sausages produced from pork differing in fatty acid composition. In: Meat consumption and Culture. Proc 44th Int. Cong. Meat Sci. Technol. Eds. A Diestre, J. Monfort, Estrategias Alimentarias S.L.-Eurocarne, Barcelona (Spain), 1998: 866-867.

## **ДИНАМИКА ЗАМЕНИМЫХ АМИНОКИСЛОТ В СТЕНКЕ ТОНКОГО КИШЕЧНИКА ПОРОСЯТ РАЗНЫХ СРОКОВ ОТЪЕМА**

*Е.В. Пьянкова*

Лаборатория белково-аминокислотного питания

*В эксперименте на поросятах от рождения до 105-суточного возраста с разными сроками отъема обнаружены существенные различия в содержании аминокислот в стенке тонкого кишечника, как следствие неодинаковой потребности свиней в этих элементах питания в указанные возрастные и технологические периоды. Однотипность возрастных изменений распределения незаменимых аминокислот в стенке тонкого кишечника определяется в большей степени химической структурой аминокислот.*

### **Введение**

Известно (Митчел, 1968), что более высокая ретенция азота наблюдается тогда, когда рацион содержит равные количества незаменимых и заменимых аминокислот. По данным других авторов (Рера, 1974) при сбалансированном протеине количество заменимых аминокислот может превышать количество незаменимых почти на 60%, и при этом можно получить наибольший рост и максимальную экономию незаменимых аминокислот.

Состав смеси всосавшихся в кишечник аминокислот в общем близок к аминокислотному составу корма, особенно по незаменимым аминокислотам, хотя это сходство оспаривается некоторыми авторами (Nasset, 1963). В то же время в составе заменимых аминокислот имеет место очень широкий диапазон изменений. Это происходит вследствие того, что заменимые аминокислоты

окисляются в большей степени, чем незаменимые, а также вследствие их трансминирования в стенке кишечника и поглощения клетками слизистой оболочки.

Стенка тонкого кишечника является структурной организацией, непосредственно контактирующей с кормом и регулирующей пищеварение в просвете желудочно-кишечного тракта. В этой связи рабочая гипотеза целого ряда наших и других работ состоит в признании важной роли стенки тонкого кишечника в формировании потребности поросят в аминокислотах.

В литературе имеются сведения, что жирнокислотный состав стенки корректируется внутренней средой организма за счет обратного транспорта. Подобные результаты получены и в отношении обратного транспорта некоторых незаменимых аминокислот, вплоть до их выбросов в просвет кишечника в составе белков (Скородинский, 1966; Zebrowska, 1986).

В связи с вышеизложенным, целью предлагаемой работы являлось исследование изменений концентрации ряда заменимых аминокислот в стенке тонкого кишечника в связи с возрастом и разными сроками отъема, поскольку их синтез в организме животных тесно связан с поступлением в него незаменимых аминокислот.

### **Материал и методы**

Опыт проведен в условиях вивария института на поросятах с момента рождения до 105-дневного возраста. Поросят получали от свиноматок – сестер (крупная белая х ландрас), которых случали с хряком породы ландрас. Кормление, уход и содержание подсосных свиноматок осуществляли по схеме, рецептуре и нормам, рекомендованным для свиноводческих хозяйств промышленного типа. Было сформировано три группы животных: 1-я со сроком отъема в 60 дней, 2-я – 40 дней и 3-я – 30 дней. По возрасту, полу и живой массе поросята разных групп были аналогами. Каждого поросенка взвешивали индивидуально при рождении, в 15, 30, 40, 60 и 105 дней. С 10-дневного возраста поросят всех групп начали подкармливать комбикормом УСК-3-4, а с 61- и до 105-дневного возраста поросята получали комбикорм типа СК-5 (табл. 1). В кормлении поросят использовали премикс КС-3. Содержание и кормление молодняка было групповое. В первую послеотъемную неделю поросят всех групп кормили четыре раза, причем количество задаваемого корма увеличивали ежедневно, во вторую неделю – три раза (но количество корма увеличивали по двухдневкам), в последующем – два раза (количество корма увеличивали

еженедельно). Животные всех групп получали одинаковое количество (по весу) кормов.

Таблица 1. Состав комбикормов в период выращивания, %

Ингредиенты	Комбикорм		В 1 кг комбикорма содержится:		
	УСК-3-4	СК-5	УСК-3-4	СК-5	
Кукуруза	12,0	27,0	Обменная энергия, Мдж	12,83	12,39
Ячмень	36,7	29,2	Ккал	3063,8	2934,8
Пшеница	12,0	15,0	Сырой протеин, г	192,2	167,0
Соевый шрот	15,0	10,0	Сырой жир, г	54,6	47,13
Подсолнечн. шрот	4,0	3,0	Клетчатка, г	36,3	47,18
Рыбная мука	3,0	3,0	Кальций, г	10,46	8,85
Сухой обрат	8,0	2,0	Фосфор, г	8,37	7,87
Дрожжи	-	3,0	Лизин, г	11,12	9,15
Травяная мука	3,0	3,0	Метионин+ цистин, г	6,42	5,77
Жир кормовой	3,0	2,0			
Монокальций фосфат	1,0	1,0			
Соль	0,3	0,3			
Мел	1,0	1,0			
Премикс КС-3	1,0	0,5			

Убой животных проводили сразу после рождения (до сосания), затем в 15, 30, 40, 60 и 105 дней по 5 животных из каждой группы. После каждого убоя производили обвалку. Делали промеры и взвешивания отдельных органов. В момент убоя отбирали по 10 фрагментов тонкого кишечника от каждого поросенка для исследований на содержание общих аминокислот (с предварительным кислотным гидролизом бн HCl и последующим разделением на аминокислотном анализаторе).

### Результаты и обсуждение

Некоторые заменимые аминокислоты способны оказывать сберегающий эффект в отношении незаменимых аминокислот при достаточном содержании первых в рационе. Это касается прежде всего тирозина. Между ним и фенилаланином существуют тесные взаимоотношения в метаболизме, в частности, в питании фенилаланин на 70% может заменить тирозин. Возрастные изменения концентрации тирозина (рис. 1, слева) в стенке кишечника сходны с тако-

выми фенилаланина (рис.1, справа). Сведения о типичности изменений концентраций тирозина и фенилаланина в стенке тонкого кишечника в связи с возрастом позволяют классифицировать их по принципу однотипности химической структуры.

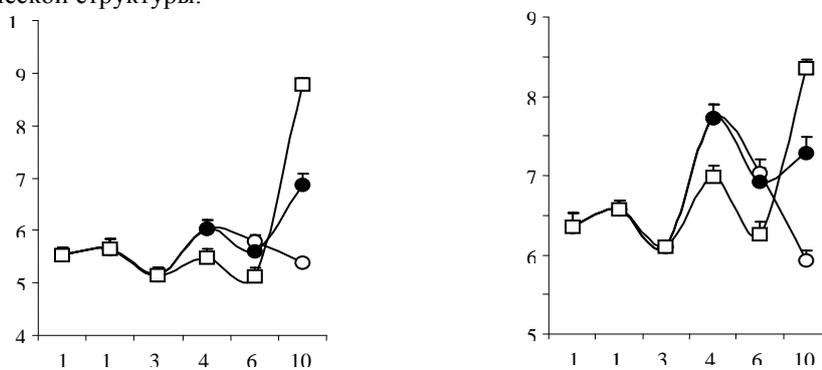


Рис.1. Динамика средней концентрации в стенке тонкого кишечника тирозина (слева) и фенилаланина (справа) в связи с возрастом и сроком отъема поросят (0-0 – гр.1, •-•- гр.2, □-□- гр.3; у – концентрация, мг/г; х – возраст, сутки)

Аспарагиновая и глутаминовая кислоты широко распространены в живой природе. Характер изменений содержания этих двух диаминомонокарбоновых кислот в стенке тонкого кишечника проявляет однотипность (рис 2.).

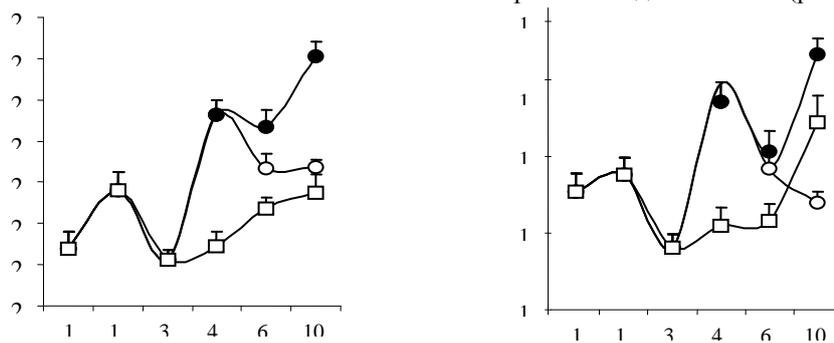


Рис. 2. Динамика средней концентрации в стенке тонкого кишечника аспарагиновой кислоты (слева) и глутаминовой кислоты (справа) в связи с возрастом и сроком отъема поросят (0-0 – гр.1, •-•- гр.2, □-□- гр.3; у – концентрация, мг/г; х – возраст, сутки)

Их содержание повышается к 15 суткам, затем снижается к 30 суткам, затем опять довольно заметно повышается. Лишь у отнятых в 30 суток жизни поросят повышение незначительно, но продолжается вплоть до 105-суточного возраста, причем более резко оно выражено у аспарагиновой кислоты. У поросят, отнятых в 40 суток, после отъема отмечается небольшой спад, а затем тоже подъем до 105-ти суток жизни.

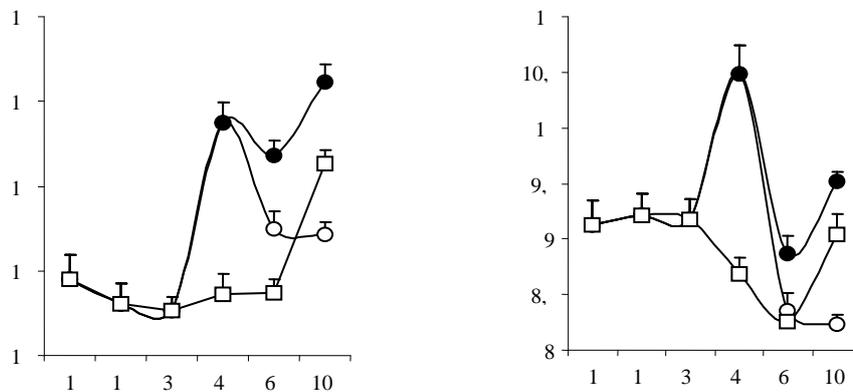


Рис.3. Динамика средней концентрации в стенке тонкого кишечника глицина (слева) и аланина (справа) в связи с возрастом и сроком отъема поросят (□-□ - гр.1, ●-● - гр.2, ○-○ - гр.3; y - концентрация, мг/г; x - возраст, сутки)

Похожие изменения в концентрации отмечаются также в отношении глицина и аланина (рис 3). Между этими аминокислотами наблюдаются минимальные структурные различия. Содержание глицина от рождения до 30 суток немного падает, затем у поросят, отнятых в 30 суток, остается практически на одном и том же уровне до 60-ти суток, после чего возрастает к 105 суткам жизни поросят. У неотнятых поросят довольно резко возрастает к 40 дням, после чего у поросят 2-й группы (отъем в 40 дней) слегка снижается, но к 105 дням опять повышается, а у поросят 3-й группы снижается более заметно до 60 суток, а затем до 105-суточного возраста остается на одном и том же уровне. Аланин в стенке тонкого кишечника ведет себя похоже, с той лишь разницей, что его содержание до 30 суток жизни животных остается практически постоянным, а у поросят, отнятых в 30 суток, снижается к 60-ти суткам. Кроме того, у поросят оставшихся двух групп более резко выражено уменьшение между 40-ка и 60-ю сутками жизни.

Между глицином и серином наблюдается метаболическое родство. Серин является предшественником глицина, он может замещать или сохранять глицин при недостаточном его синтезе. При этом видно (рис.4, слева и рис.3 слева), что между серином и глицином, по их концентрациям в онтогенезе и в связи со сроками отъема, существует лишь относительная схожесть.

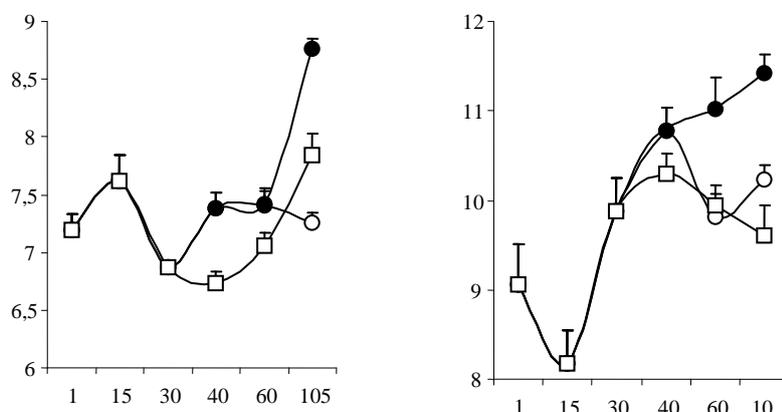


Рис. 4. Динамика средней концентрации серина в стенке тонкого кишечника серина (слева) и пролина (справа) в связи с возрастом и сроком отъема поросят (о-о – гр.1, ●-●- гр.2, ○-○- гр.3; у – концентрация, мг/г; х – возраст, сутки)

Пролин - аминокислота, входящая в состав белков, в тканях организма образуется из глутаминовой кислоты; между пролином и глутаминовой кислотой, содержащимися в рационе, при всасывании наблюдается синергизм. В содержании пролина в стенке кишечника нами отмечены следующие изменения (рис.4 справа): от рождения до 15 суток содержание пролина снижается, затем довольно резко (к 30 суткам) возрастает. К 40 суткам рост концентрации пролина продолжается во всех группах, но у отнятых поросят менее интенсивно. После 40 суток концентрация пролина снижается у наиболее рано и наиболее поздно отнятых поросят; у поросят же, отнятых в 40 дней, повышается вплоть до 105 суток; у раноотнятых к 105 суткам снижается, у поздноотнятых - немного повышается. Изменения в содержании в стенке тонкого кишечника серина и пролина (рис.4), являющихся разнородными по химической структуре, не являются однотипными.

### **Заключение**

В результате исследований обнаружены изменения в концентрации аминокислот в стенке тонкого кишечника в связи с возрастом и сроками отъема. Полученные нами результаты свидетельствуют, что более ранний отъем поросят (в 30 и 40 суток) способствует усилению синтеза заменимых аминокислот в стенке тонкого кишечника. Учитывая их повышенную способность к окислению, усиленный их синтез можно расценивать как процесс, приводящий к уменьшению расхода незаменимых аминокислот на энергетические цели.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Рера А. Азотистое питание подсвинков. Пер. с франц., 1974.
2. Скородинский З.П., Кисленко Н.Ф., Аксенова Г.В. Участие стенки тонкого кишечника в обмене метионина. Матер. IV Всес. конф. по физиол. и биохим. основам повыш. прод-ти с.-х. ж-х, Боровск, 1966.
3. Mitchell J.R. et al. Some amino acid needs of the young pig fed a semisynthetic diet. J. Anim. Sci., 1968, 7: 1322.
4. Nasset E.S. et al. Amino acids in dog blood and gut contents after feeding zein. J. Nutr., 1963, 81: 343-347.
5. Zebrowska T. et al. Studies on the secretion of amino acids and of urea into the gastro intestinal tract of pigs. 2. Net secretion of leucine into the small and large intestines. Arch. Tierern., 1986, 36, 1: 17-24.

### **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИЗИНА И РАЗВЕТВЛЕННЫХ АМИНОКИСЛОТ В СТЕНКЕ ТОНКОГО КИШЕЧНИКА ПОРОСЯТ РАЗНЫХ СРОКОВ ОТЪЕМА**

*Пьянкова Е.В.*

Лаборатория белково-аминокислотного питания

*В эксперименте на поросятах от рождения до 105-дневного возраста исследована проксимо-дистальная динамика аминокислотного состава стенки тонкого кишечника в зависимости от возраста и сроков отъема поросят. В работе приведены сведения по первой лимитирующей аминокислоте лизину*

*и разветвленным аминокислотам (валин, лейцин, изолейцин), являющимися факторами стимуляции синтеза белков в мышцах. Обнаружены изменения в содержании аминокислот в стенке тонкого кишечника в проксимодистальном направлении, за исключением суточного и 15-суточного возраста для лизина и лейцина. Только между лизином и лейцином обнаружена заметная корреляционная связь ( $r=0.60$ ) в стенке тонкого кишечника. Из разветвленных именно эту аминокислоту следует нормировать также строго, как и лизин.*

### **Введение**

В тонком кишечнике для многих соединений известны проксимодистальные различия во всасывании. (Труфанов,1972; Дудин,2004; Микулец,2004). В частности, липидные компоненты всасываются в верхней трети тонкого кишечника, желчные кислоты в нижней его трети. Как правило, это выражается в виде образования максимумов концентрации этих соединений в стенке тонкого кишечника. Что касается образования пиков отдельных аминокислот в стенке тонкого кишечника отдельных аминокислот, то таких сведений в литературе мы не обнаружили. В то же время хорошо известно участие желудочно-кишечного тракта в регуляции обмена протеина у животных (Fausconneu et al., 1970).

В связи с вышеизложенным целью настоящей работы явилось выявление максимумов концентрации лизина и разветвленных аминокислот (являющихся важнейшими компонентами белкового питания молодняка свиней) в зависимости от возраста и сроков отъема.

### **Материал и методы**

Опыт проведен в условиях вивария института провели опыт на поросятах с момента рождения до 105-дневного возраста. Детали опыта описаны в статье (Пьянкова,1999). Для определения общих аминокислот во фрагментах стенки тонкого кишечника 1 г образца помещали в стандартную стеклянную ампулу для гидролиза и заливали 60 мл 6н. раствора соляной кислоты. Запаянные ампулы выдерживали при температуре 110<sup>0</sup>С в течение 24 часов. По окончании гидролиза ампулы вскрывали, гидролизат переносили в фарфоровую чашку и выпаривали на водяной бане до дегтеобразного состояния. Затем остаток количественно переносили с использованием литий-лимоннокислого буфера рН 2,2 в 25-миллилитровую мерную колбу, после чего фильтровали и фильтрат использовали для нанесения на колонку анализатора. Свободные

аминокислоты в плазме крови определяли методом депротеинизации сульфосалициловой кислотой, для чего 10 мл плазмы помещали в центрифужную пробирку, куда добавляли 1 мл 30% сульфосалициловой кислоты и выдерживали 1 час, периодически встряхивая. Затем центрифугировали 10 минут при 6000 об/мин. Супернатант переносили в фарфоровую испарительную чашку и выпаривали досуха на водяной бане. Сухой остаток из чашки в несколько приемов смывали в мерный цилиндр объемом 10 мл, фильтровали и использовали для анализа на аминокислотном анализаторе. Анализ осуществляли с применением чешского автоматического аминокислотного анализатора Т-339М с использованием колонки размером  $\varnothing 0,37 \times 21-23$  см, заполненной ионообменной смолой "Ostion LG FA". Разделение аминокислот в колонке производилось натрий-лимоннокислыми буфером в градиенте pH.

### Результаты и обсуждение

Наибольшее содержание лизина у новорожденных животных отмечалось в верхней трети тонкого кишечника ( $16,9 \pm 3,2$ ), наименьшее – в середине ( $11,65 \pm 1$ ) мг/г нативной ткани. У 15-суточных поросят наблюдалась иная картина: наибольшее содержание ( $17,2 \pm 3,1$ ) мы обнаружили в средней, наименьшее – в верхней части ( $10,32 \pm 0,9$  мг/г) стенки тонкого кишечника. В 30-суточном возрасте содержание лизина снизилось с одновременным нивелированием проксимо-дистальной разницы. Разброс данных между различными фрагментами стенки тонкого кишечника колебался в пределах от  $9,35 \pm 0,3$  до  $11,52 \pm 0,8$  мг/г нативной ткани. В 40- и 60-суточном возрастах у отнятых и неотнятых поросят содержание лизина не претерпевало сколько-нибудь значительных колебаний по ходу кишечника. В 105-суточном возрасте оказались заметными различия между группами. В первой группе наибольшее содержание лизина наблюдалось на уровне 4 фрагмента ( $12,51 \pm 0,5$  мг/г), наименьшее - 9-го ( $10,40 \pm 0,4$  мг/г). В третьей группе наибольшее содержание лизина проявилось на уровне 6-го ( $12,58 \pm 0,5$  мг/г), наименьшее - также на уровне 9-го ( $9,46 \pm 1,8$  мг/г) фрагментов. Во второй же группе характер распределения лизина по длине кишечника имел почти синусоидальную форму с тремя пиками (3, 7, 10-й фрагменты) и тремя впадинами (1, 4, 8-й фрагменты).

По содержанию валина новорожденные животные проявили два пика: в первой и последней третях кишечника. У 15-суточных животных наблюдался один пик во второй половине тощей кишки ( $7,89 \pm 0,3$  мг/г). У 30-суточных животных содержание валина в стенке тонкого кишечника, также как

лизина, снижалось по всей его длине, проявляя синусоидальный характер с уменьшением амплитуды колебаний к дистальному концу кишечника, достигая значения  $6,17 \pm 0,3$  мг/г. В отличие от лизина, содержание валина в стенке 40-суточных отнятых и неотнятых поросят значительно повышалось (максимальное значение  $9,44 \pm 0,5$  мг/г), не претерпевая заметных колебаний практически на протяжении всего кишечника. В 60-суточном возрасте содержание валина несколько снижалось по всей длине кишечника (во всех трех группах), но оставалось на достаточно высоком уровне. При этом, характер кривых был приблизительно похож на таковой у 40-суточных поросят, что особенно заметно у раноотнятых поросят, у которых 60-суточная кривая практически повторяет 40-ка суточную, только на уровне более низких абсолютных значений. В 105-суточном возрасте у поросят, отнятых в 60 суток (1 группа), колебания концентрации валина составляли от  $6,76 \pm 0,2$  мг/г (в конце кишки) до  $8,15 \pm 0,1$  мг/г (фрагмент 4); у отнятых в 40 суток (2 группа) от  $5,84 \pm 0,5$  мг/г (конец тонкого кишечника) до  $7,08 \pm 0,5$  мг/г (фрагмент 3); у отнятых в 30 суток (3 группа) от  $3,66 \pm 0,3$  мг/г (фрагмент 5) до  $4,59 \pm 0,1$  мг/г (фрагмент 3).

Содержание лейцина в стенке тонкого кишечника новорожденных поросят имело три пика (фрагменты 3, 6, 8) с соответствующими значениями:  $12,38 \pm 0,8$ ,  $13,2 \pm 1,3$  и  $13,28 \pm 1,1$  мг/г. У 15-суточных поросят наблюдался значительный пик во фрагменте 7 ( $14,3 \pm 0,8$  мг/г). У 30-суточных, как и у суточных, также имели место три максимума в содержании лейцина (фрагменты 2, 6, 9), хотя они были менее выраженными, при меньшей средней концентрации аминокислоты в стенке тонкого кишечника. В 40-суточном возрасте содержание лейцина у еще неотнятых поросят было значительно выше на протяжении всего кишечника, особенно во фрагментах 2 и 7 ( $14,57 \pm 0,77$  и  $14,408 \pm 0,31$  мг/г соответственно), чем у 1-, 15- и 30-суточных животных. У отнятых же в 30 дней такого не наблюдали. В 60-суточном возрасте в 1-й группе животных отмечалось три пика, причем каждый последующий был меньше предыдущего ( $14,38 \pm 1,6$ ,  $14,12 \pm 0,7$  и  $13,21 \pm 0,7$  мг/г). Во 2-й группе среднее содержание лейцина у 60-суточных поросят было несколько ниже, чем у 40-суточных, однако форма кривых изменений концентрации аминокислоты по ходу кишечника у 40- и 60-суточных поросят была практически одинаковой. У животных третьей группы эта тенденция сохранилась. В 105 суток у животных 1-й группы не было заметно определенного характера изменений концентрации лейцина в стенке тонкого кишечника в проксимодистальном направлении. У животных 2-й группы имелись два заметных повышения (фрагменты 2 и 7 ( $13,98 \pm 0,6$  и  $13,31 \pm 0,9$  мг/г).

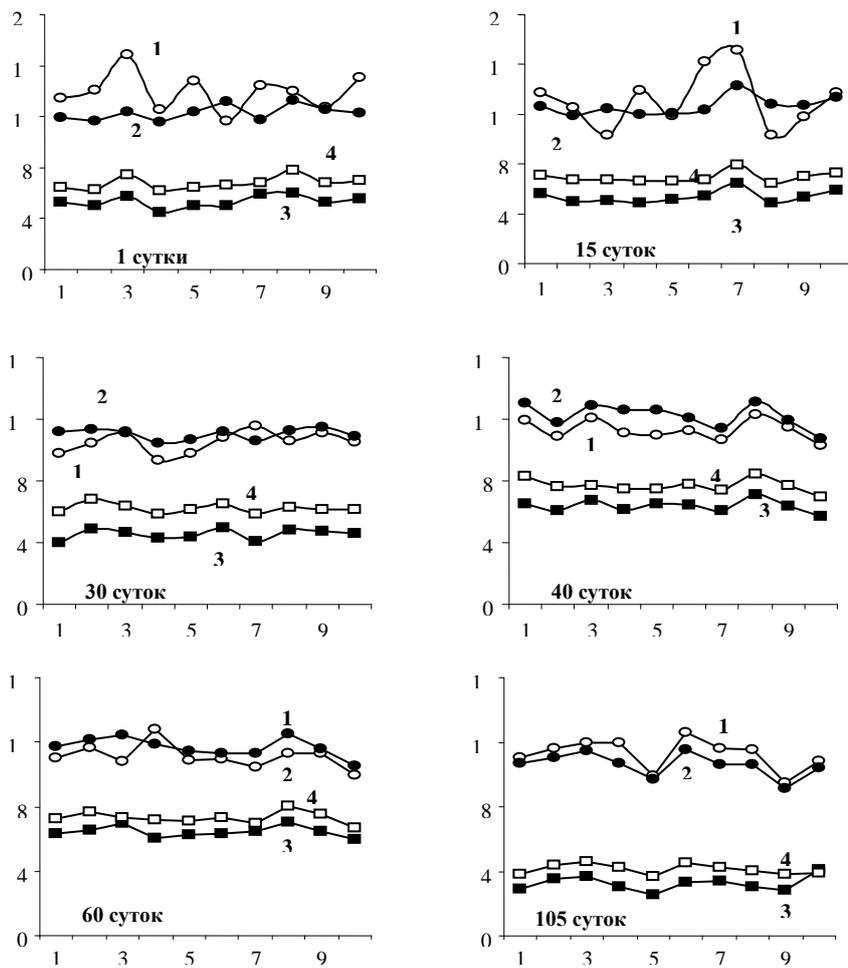


Рис. 1. Проксимо-дистальное распределение лизина (1), лейцина (2), изолейцина (3) и валина (4) в стенке тонкого кишечника поросят разного возраста

В 3-й группе отмечалось более низкое содержание лейцина в стенке тонкого кишечника вообще, в сравнении с двумя остальными группами и со всеми другими возрастными, особенно во фрагментах 5 и 9 ( $9,68 \pm 0,7$  и  $9,12 \pm 1,3$  мг/г).

Характер кривых содержания изолейцина в кишечнике в 1-, 15- и 30-суточном возрастах был похожим на таковой лейцина, но в 2 с лишним раза с более низкими абсолютными значениями. Наблюдался такой же пик, приходившийся на фрагмент 7 ( $6,48 \pm 0,62$ ), у 15 - суточных животных; три пика у 30-суточных животных (фрагменты 2, 6 и 8) ( $4,9 \pm 0,3$ ,  $4,95 \pm 0,5$  и  $4,83 \pm 0,2$  мг/г). Только у новорожденных животных, в отличие от лейцина, имел место слабо выраженный пик в середине кишечника. В 40-суточном возрасте во всех трех группах содержание изолейцина было выше, чем в 1-, 15-, и 30-суточном, причем распределение его оказалось довольно равномерным на всем протяжении кишечника. Только у раноотнятых поросят было заметно небольшое повышение концентрации во фрагменте 8 ( $7,09 \pm 0,2$  мг/г) с последующим понижением до  $5,72 \pm 0,4$  мг/г в самом конце кишечника. В 60 суточном возрасте форма кривых и абсолютные значения концентрации изолейцина заметно не отличались от таковых в 40 суток жизни поросят, особенно это заметно у раноотнятых поросят, у которых кривые в 40- и 60-суточном возрасте были почти идентичными. В 105-суточном возрасте кривая изменений концентрации изолейцина в стенке тонкого кишечника довольно точно соответствовала кривой проксимо-дистальных изменений содержания валина, с такими же значительными изменениями в зависимости от сроков отъема и с незначительными в зависимости от местонахождения в стенке кишечника. Исключение составила группа 3, где разброс значений составил от  $2,58 \pm 0,5$  мг/г (фрагмент 5) до  $4,07 \pm 1,3$  мг/г (фрагмент 10).

Согласно рис. 3 хорошо заметными проксимо-дистальными изменениями концентрации в стенке тонкого кишечника обладает лизин и лейцин в суточном и 15-, 40-, 60 - и 105-суточном возрастах. При изучении корреляционной связи между концентрациями изученных аминокислот оказалось, что лизин коррелирует лишь с лейцином ( $r=0,60$ ) и слабо связан с изолейцином и валином ( $r=0,07$  и  $0,13$  соответственно). В то же время лейцин с этими аминокислотами коррелирует довольно тесно ( $r=0,75$  и  $0,80$  соответственно). Вполне возможно, что при нормировании аминокислотного состава комбикормов в большей степени следует контролировать уровень в них лейцина (рис.5).

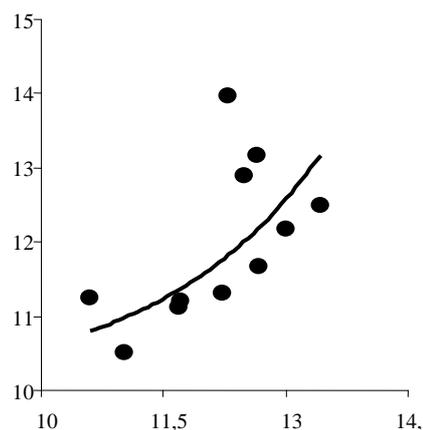


Рис.5. Зависимость между концентрациями лизина (x) и лейцина (y) в стенке тонкого кишечника (мг/г)

### Заключение

В эксперименте на поросятах изучалось распределение лизина и разветвленных аминокислот (валина, лейцина, изолейцина) в стенке тонкого кишечника поросят в зависимости от возраста и сроков отъема. Из всех изученных нами аминокислот только лизин и лейцин имели выраженные проксимо-дистальные различия и корреляционную зависимость между собой, что указывает на чрезвычайную важность этих аминокислот для растущего молодняка свиней.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Дудин В.И. Биохимия витамина Е и связанных с ним биологически активных веществ. Изд. РАСХН, М. 2004.
2. Микулец Ю.И., Фисинин В.И., Цыганов А.Р. Биохимические и физиологические аспекты взаимодействия витаминов и биоэлементов. Сергиев Посад, 2002 (переизд 2004).
3. Пьянкова Е.В. Динамика роста и развития тонкого кишечника, мышц и содержания аминокислот у поросят в онтогенезе и в связи с различными условиями питания. Тр. ВНИИФБиП, 1999, 38: 285-296.

4. Труфанов А.В. Биохимия витаминов и антивитаминов. М., Колос, 1972.
5. Fauconneau G., Michel M.C. The Role of the Gastrointestinal Tract in the Regulation of Protein Metabolism. Mammalian Protein Metabolism, ed. H.N.Munro, 1970, IV, 37: 481-521.

### **МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИТАМИНА С И ПРОДУКТОВ ЕГО ОКИСЛЕНИЯ В ТКАНЯХ ЖИВОТНЫХ**

*В.И. Дудин, Т.В. Жарова*  
Лаборатория биологически активных веществ

*Усовершенствован способ определения витамина С (аскорбиновая кислота) и продуктов его окисления (дегидроаскорбиновая и дикетогулоновая кислоты) в кормах, на который получен патент (РФ N2229132). Способ может использоваться в медицинских, ветеринарных и других биологических исследованиях при определении витамина С (аскорбиновая и дегидроаскорбиновая кислоты) и неактивного продукта его разрушения (дикетогулоновая кислота) в кормах, пищевых продуктах, в органах и тканях животных, а также для технологического контроля производства аскорбиновой кислоты.*

Одним из этапов наших исследований по разработке тестов контроля обеспеченности животных витаминами явилось совершенствование способа одновременного определения в кормах аскорбиновой, дегидроаскорбиновой и дикетогулоновой кислот. В ранее опубликованном методе (Соколовский и др., 1974). Сущность нашего метода (Патент РФ N 2229132) состоит в применении принципа раздельного определения дегидроаскорбиновой и дикетогулоновой кислот, основанного на резко различающихся скоростях деградации этих кислот под действием раствора щелочи (NaOH). Специфичность метода состоит в том, что дикетогулоновая кислота после нейтрализации кислого экстракта пробы с помощью мела (CaCO<sub>3</sub>), разрушается сразу после добавления щелочи (рис. 1), а дегидроаскорбиновая гораздо позже. При этом, между временем контакта едкого натра с дегидро-аскорбиновой кислотой и количеством последней существует прямолинейная зависимость, позволяющая дифференцированно определять дикетогулоновую и дегидроаскорбиновую кислоты. Способ позволяет определить аскорбиновую кислоту и ее производные из одного и того же экстракта.

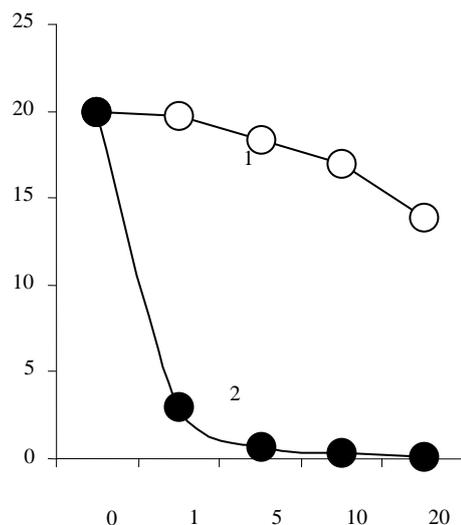


Рис.1. Деградация под действием раствора NaOH дегидроаскорбиновой (1) и дикетогулоновой кислот (2) в нейтрализованных мелом их растворах в зависимости от времени воздействия (у-мкг, х-время, мин)

Влияние реакции среды на эффективность определения метаболитов витамина С изучали используя окисление стандарта аскорбиновой кислоты с помощью 0.03% раствора 2.6-дихлорфенолиндофенола или с помощью раствора едкого натра, воздействуя на нейтрализованные мелом растворы после окисления аскорбиновой кислоты 2.6-дихлорфенолиндофенолом (таблица 1).

Таблица 1. Эффективность определения стандарта аскорбиновой кислоты в связи окислителем, обработкой щелочью и кислотностью растворителя, мкг

% HCl в воде	Окисление индофенолом	Последующая нейтрализация мелом +NaOH
0,04	20,0	20,0
0,03	19,8	17,0
0,02	19,1	11,6
0,01	18,9	4,1
0,00	18,0	0,9

Результаты, представленные в таблице, свидетельствуют о том, что продукты, получаемые окислением аскорбиновой кислоты 2.6-дихлор-

фенолиндофенолом при различной кислотности среды, различны. Если учесть, что дикетогулоновая кислота более, чем дегидроаскорбиновая кислота, неустойчива в щелочной среде, то в кислой среде, возможно, образуется дегидроаскорбиновая кислота, а в нейтральной – дикетогулоновая.

*Ход анализа.* Образец травы клевера красного (5 г) помещают в фарфоровую ступку, куда приливают 95 мл 0.5% раствора соляной кислоты и растирают в течение 5 мин. Затем смесь центрифугируют при 3000 об/мин в течение 15 мин, супернатант фильтруют через бумажный фильтр. Половину фильтрата (для пробирок 3-5) нейтрализуют мелом до прекращения выделения пузырьков газа. Берут 5 пробирок. Исследуемый раствор и реагенты добавляют строго в описанном порядке (после каждой операции пробирки встряхивают).

Пробирка 1.

1. 0.03% раствор 2.6-дихлорфенолиндофенола.....0,1 мл
2. 1.5% раствор тиомочевины в 7.5% растворе мета-фосфорной кислоты.....1,5 мл
3. Исследуемый раствор (кислый).....2,0 мл
4. Вода.....0,4 мл

Пробирка 2.

1. Исследуемый раствор (кислый).....2,0 мл
2. 0.03% раствор 2.6-дихлорфенолиндофенола.....0,1 мл
3. 1.5% раствор тиомочевины в 7.5% растворе мета-фосфорной кислоты.....1,5 мл
4. Вода.....0,4 мл

Пробирки 3,4,5

1. Исследуемый раствор (нейтрализованный).....2,0 мл
2. 3,5% раствор едкого натра.....0,4 мл
3. Ровно через 5 минут (пробирка 3), 20 минут (пробирка 4) и 90 минут (пробирка 5) после добавления щелочи + 1,5% раствор тиомочевины в 7,5% растворе метафосфорной кислоты.....1,5 мл
4. 0,03% раствор 2,6-дихлорфенолиндофенола .....0,1 мл

После этого во все пробирки приливают по 1 мл 2% раствора 2.4-динитрофенилгидразина в разбавленной серной кислоте (1 часть кислоты + 3 части воды) и инкубируют на водяной бане при 55<sup>0</sup>С в течение 1 часа. Пробирки охлаждают, выпавшие озаны растворяют, добавив в каждую пробирку по 5 мл 85% серной (по каплям) или ледяной уксусной кислот. После центрифугирования супернатанты колориметрируют при 520 нм. Озаны можно отэкстраги-

ровать бензолом. Для этого после инкубации в каждую пробирку приливают по 5 мл бензола. Пробирки энергично встряхивают. Бензольный слой отделяют центрифугированием в течение 15 мин при 3000 об/мин и колориметрируют при 510 нм.

Параллельно ставят пробу на стандартный раствор аскорбиновой кислоты по принципу пробирок 2 и 5, но вместо исследуемого раствора вводят стандартный раствор аскорбиновой кислоты в 0.5% водном растворе соляной кислоты с концентрацией 20 мкг/мл.

Концентрации аскорбиновой ( $C_{AK}$ ), дегидроаскорбиновой ( $C_{ДАК}$ ) и дикетогулоновой ( $C_{ДКГК}$ ) кислот рассчитывают по следующим формулам:

$$C_{AK} = \frac{(D_2 - D_1) \times C_{ст} \times V \times R}{D_{ст} \times m}$$

$$C_{ДКГК} = \frac{[D_2 - (\frac{t_2 D_3 - t_1 D_4}{t_2 - t_1})] \times C_{ст} \times V \times R}{D_{ст} \times m}$$

$$C_{ДАК} = \frac{D_1 \times C_{ст} \times V \times R}{D_{ст} \times m} - C_{ДКГК}, \quad \text{где}$$

$D_1, D_2, D_3, D_4$  - разница между оптической плотностью соответственно пробирок 1,2,3,4 и оптической плотностью пробирки 5 (фон примесей).

$D_{ст}$  - Разница между оптической плотностью стандартного раствора аскорбиновой кислоты по варианту 2 и оптической плотностью пробирки 5 (фон примесей).

$C_{ст}$  - концентрация аскорбиновой кислоты в стандартной растворе, мкг/мл (здесь 20).

$V$  - объем раствора, взятого на анализ, мл (здесь 2).

$t_1, t_2$  - время после добавления раствора едкого натра

(пробирки 3 и 4), мин (здесь 5 и 20).  
R - разведение (здесь 50).  
m - масса образца, г (здесь 5).

Нейтрализация кислого раствора эффективна в отношении дегидроаскорбиновой кислоты только в случае определенных концентраций кислоты ( $\geq 0,04\%$  хлористого водорода в воде). Вполне возможно, что стабилизация лактонной связи имеет место пропорционально насыщенности реакционной среды двуокисью углерода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дудин В.И. Способ определения витамина С. Патент РФ N 2229132 от 20 мая 2004.
2. Соколовский В.В., Лебедева Л.В., Лиэлуп Т.Б. О методе раздельного определения аскорбиновой, дегидроаскорбиновой и дикетогулоновой кислот в биологических тканях. Лабораторное дело, 1974, 3: 160-162.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЯЗАННОГО $\alpha$ -ТОКОФЕРИЛХИНОНА

*В.И. Дудин, Т.В. Жарова*

Лаборатория биологически активных веществ

*Описан в двух вариантах метод количественного определения связанного  $\alpha$ -токоферилхинона в кале свиней. Авторами метод рекомендуется в качестве тестового для контроля обеспеченности организма свиней витамином Е.*

$\alpha$ -Токоферол через окисление в  $\alpha$ -токоферилхинон в организме животных с последующим  $\beta$ -окислением его боковой цепи превращается в  $\alpha$ -токофероновую кислоту и ее  $\gamma$ -лактон (Chow et al., 1967), выделяющиеся в основном с мочой. Эти соединения равно как и  $\alpha$ -токоферилхинон, могут служить тестом для корректировки диет в отношении содержания в них витамина Е (Schmandke, 1967; Schmandke et al., 1969). Сам  $\alpha$ -токоферилхинон, также являясь конечным продуктом метаболизма витамина Е, в печени образует

конъюгаты, возможно с глюкуроновой кислотой, выделяющиеся с желчью в просвет кишечника, а затем в составе кала. Конъюгаты  $\alpha$ -токоферилхинона растворимы в воде, в связи с чем навеску кала до 5 г гомогенизировали с помощью стеклянного гомогенизатора в смеси хлороформа и метанола (2:1), добавляемого к навеске в 20-кратном количестве. После гомогенизации смесь выдерживали на водяной бане при 40°C в течение 10 минут, затем фильтровали. К фильтрату прибавляли равный объем воды. Дождавшись расслоения, хлороформенный слой отбрасывали, а водно-метанольный, после экстрагирования смесью бензола и гексана (15 + 85) остаточных липидов и их удаления, упаривали на ротационном испарителе до 40 мл. Затем добавляли 60 мл концентрированной соляной кислоты и нагревали смесь на кипящей водяной бане в течение 2 часов. После охлаждения освободившиеся липиды экстрагировали смесью бензола и гексана (15+85). Экстракт отмывали водой, упаривали и растворяли в гексане (0,2 мл) для дальнейшего хроматографического разделения (рис.1).

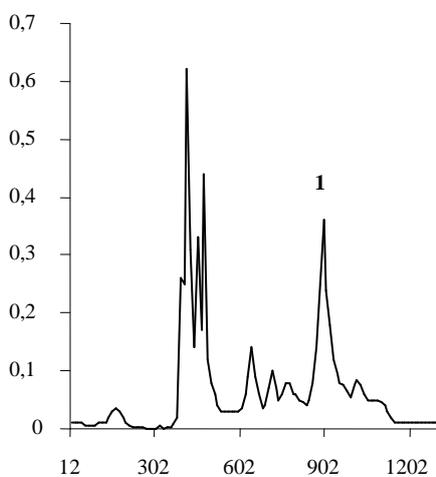


Рис.1. ВЭЖ-хроматограмма пробы печени при анализе количества в ней освобожденного из конъюгатов  $\alpha$ -токоферилхинона (1) (фаза №2: гексан / серный эфир / метанол – 89 / 10 / 1; x – объем элюента, y – экстинкция)

В нашей лаборатории разработан более простой метод определения  $\alpha$ -токоферилхинона (Жарова,1999). Метод вместо ВЭЖ-хроматографии преду-

смачивает определение разностного УФ-спектра экстракта между гексаном и этанолом (рис.2). Для этого гексановый экстракт перерастворяют в 3 мл гексана и измеряют поглощение при 276 нм. Затем экстракт вновь перерастворяют в этаноле и измеряют поглощение при 276 нм. Разность в поглощении используют для определения концентрации связанного  $\alpha$ -токоферилхинона ( $E_{1\%,1\text{ см}} = 140$ ).

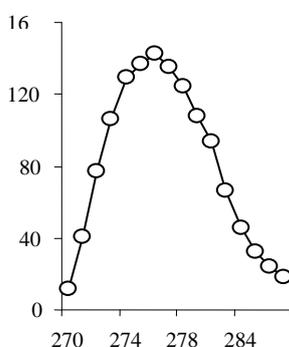


Рис.2.Разностный УФ-спектр  $\alpha$ -токоферилхинона между гексаном и этанолом ( $x$ -длина волны, нм;  $y$ - $E_{1\%,1\text{ см}}$ )

В результате исследований предложен метод определения связанного  $\alpha$ -токоферилхинона в кале для разработки теста обеспеченности организма свиней витамином Е. Определяемое соединение образуется в печени, выделяется в просвет кишечника в виде конъюгатов в составе желчи и отражает осуществление витамином Е его функции в организме по пути окисления в  $\alpha$ -токоферилхинон.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жарова Т.В. Распределение и утилизация экзогенного и эндогенного  $\alpha$ -токоферилхинона в организме поросят. Авт. канд. дисс., Боровск, 1999
2. Chow C.K., Draper H.H., Csallany A.S., Chin M. The metabolism of  $^{14}\text{C}$ -tocopherylquinone and  $^{14}\text{C}$   $\alpha$ -tocopherylhydroquinone. Lipids, 1967, 2, 5: 390-395.
3. Schmandke H. Zum Abbau des  $\alpha$ -Tocopherols im Menschlichen Organismus. Int. Z. Vitaminforsch., 1967, 37: 416-421.

4. Schmandke H., Sima C., Maune R. Die Resorption von  $\alpha$ -Tocopherol beim Menschen. 1969, 39, 3: 296-298.

### **ТЕСТЫ КОНТРОЛЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ СВИНЕЙ ВАЖНЕЙШИМИ ВИТАМИНАМИ**

*В.И. Дудин, Т.Е. Рябых, Е.Е. Комкова*  
Лаборатория биологически активных веществ  
Лаборатория эндокринной регуляции

*Одной из основных задач, стоящих перед сельскохозяйственной витаминологией, является поиск путей прижизненного контроля витаминной обеспеченности организма продуктивных животных. Для прижизненного контроля витаминной обеспеченности в рамках технологического мониторинга при производстве свинины отобраны для дальнейшей детальной проработки тесты, простые в постановке и информативные по сути.*

#### **Введение**

Очень часто для суждения об обеспеченности животных витаминами ограничиваются измерением их концентраций в крови. По нашему мнению такие тесты вряд ли пригодны для определения обеспеченности животных витаминами, ибо их корреляция с живой массой, в частности у свиней, очень невысока ( $r$ =: для токоферола -0,33; для ретинола +0,13; для  $B_2$  -0,34; для  $B_5$  -0,36).

*Биохимический контроль обеспеченности витамином  $B_1$ . Вопросы тестирования обеспеченности витамином  $B_1$  мы занимались в течение последних 2-х лет (Дудин и др., 2005). Статистически достоверно кормовые воздействия влияли на суточное выделение с мочой тиамин, пировиноградной кислоты, а также на отношение пировиноградной кислоты к тиамину в крови. Дополнительно мы изучили корреляционные связи этих характеристик с живой массой. Наиболее тесной такая связь была между живой массой и суточным выделением с мочой пирувата (+0,95). Хотя другие взаимосвязи с живой массой были практически такими же (суточная экскреция с мочой тиамин - +0,93; отношение пирувата к тиамину в цельной крови - +0,93), мы в качестве*

теста выбрали отношение пирувата к тиамину в крови, ввиду того, что он не требует постановки балансовых опытов. Зависимость данного отношения с живой массой свиней демонстрирует рис. 1.

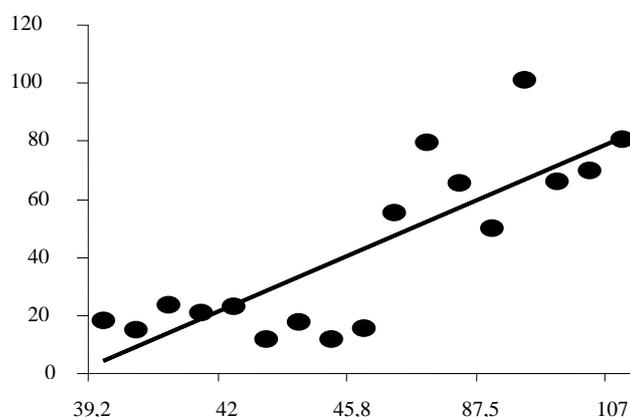
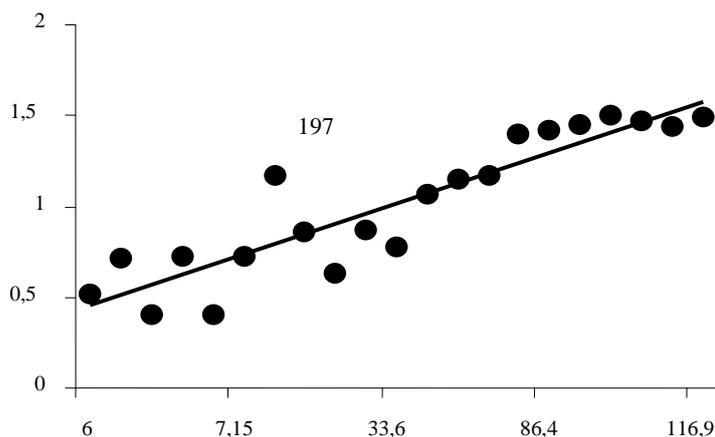


Рис.1. Зависимость между отношением пирувата к тиамину в цельной крови и живой массой свиней (x – живая масса, кг; y – отношение)

Изображенная на графике зависимость была использована для расчета теста обеспеченности свиней в витамине В<sub>1</sub>.

*Биохимический контроль обеспеченности витамином В<sub>2</sub>.* Одним из показателей тестирования обеспеченности животных рибофлавином является соотношение его концентраций в эритроцитах и плазме крови (А.Уайт и др., 1981). Это в полной мере подтверждают полученные нами данные (Дудин и др., 2000) в эксперименте на свиньях, когда был испытан ряд показателей, таких как концентрация рибофлавина в эритроцитах, плазме крови, моче. Исследования показали, что лучшим показателем тестирования обеспеченности свиней рибофлавином является соотношение его концентраций в эритроцитах и плазме крови. В наших экспериментах была обнаружена высокая корреляция между величиной этого соотношения и живой массой поросят ( $r=+0,85$ ).



*Рис.2. Зависимость между соотношением концентраций рибофлавина в системе эритроциты/ плазма крови и живой массой свиней (x – живая масса; y - отношение)*

Для проведения технологического контроля необходимо разделение крови свиней на плазму и эритроциты. После определения концентрации в них рибофлавина, рассчитывают соотношение концентраций эритроциты/плазма. Представленная на графике 2 зависимость была применена для расчета теста обеспеченности свиней рибофлавином.

*Биохимический контроль обеспеченности витамином B<sub>5</sub>*. Судя по литературе (Петрунькина, 1961) одним из лучших показателей для тестирования обеспеченности животных ниацином является N -метилникотинамид, выделяемый с мочой. В подтверждение этому наши исследования (Дудин и др., 2000) показали, что изменения концентрации ниацина в эритроцитах и плазме крови оказываются менее контрастными, по сравнению с такими же показателями у рибофлавина. Здесь различия между группами животных были неоднозначными и статистически недостоверными. Отсутствовали также возрастные и межгрупповые различия в соотношении концентраций ниацина в системе эритроциты/плазма крови. В аспекте поиска способов тестирования обеспеченности организма животных витамином B<sub>5</sub> весьма перспективным может оказаться измерение концентрации ниацина в моче, которая хорошо отвечает на возрастные изменения в потребности в данном витамине у свиней.

Таким образом, определение обеспеченности свиней витамином B<sub>5</sub> при жизни рекомендуется вести по его концентрации в моче. Так как анализы ни-

цина мы вели с помощью реакции Кенига, то в анализ попадал и N-метилникотинамид, ибо он также дает эту реакцию с бромцианом. В наших опытах обнаружена высокая корреляция между концентрацией ниацина в моче и живой массой поросят ( $r=0,89$ ), представленная на рис. 3.

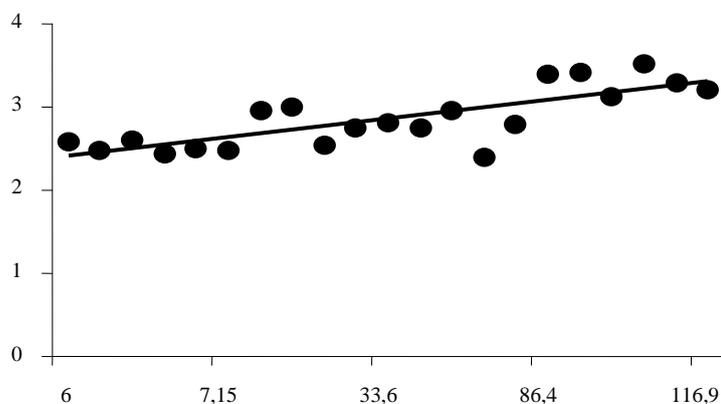


Рис. 3. Взаимосвязь между концентрацией ниацина в моче и живой массой поросят (x - живая масса, кг; y - концентрация ниацина)

Дальнейшие работы по апробации способа тестирования связаны с поиском простого метода определения в моче свиней конечных продуктов обмена ниацина (N-метилникотин амид). Здесь открывается перспектива создания теста контроля обеспеченности свиней ниацином по соотношению N-метилникотинамида и ниацина в моче. Представленная на графике 3 зависимость была использована для расчета теста контроля обеспеченности свиней ниацином.

*Биохимический контроль обеспеченности витамином А.* Для прижизненного тестирования обеспеченности витамин А представляет наибольшие трудности, ввиду его жесткого гомеостатирования в крови и отсутствия легко определяемых продуктов его деградации в экскрементах. Из литературы известно, что жесткое гомеостатирование витамина А в крови обеспечивается ретинолсвязывающим белком (Ong, 1985; Schweigert et al., 1991). Ретинолсвязывающий белок представляет собой полипептидную цепь с молекулярной массой 21 000 d и синтезируется в печени. Ретинолсвязывающий белок в крови

циркулирует в составе транстиретина, который играет существенную роль в связывании и транспорте тиреоидных гормонов. Сейчас установлено (Goodman, 1984), что витамин А играет весьма заметную роль в статусе щитовидной железы. Вдобавок к этому, пациенты с гипертиреозом характеризуются пониженным уровнем ретинолсвязывающего белка (Tomkins et al., 1989). В этой связи, основной идеей явился поиск взаимосвязей между концентрациями ретинола и тиреоидных гормонов в крови (Дудин и др., 2000). В наших экспериментах мы обнаружили высокую корреляцию между отношением ретинола к тироксину в плазме крови и живой массой свиней ( $r=-0,75$ ). Изображенная на графике 4 зависимость была применена для расчета теста контроля обеспеченности свиней витамином А.

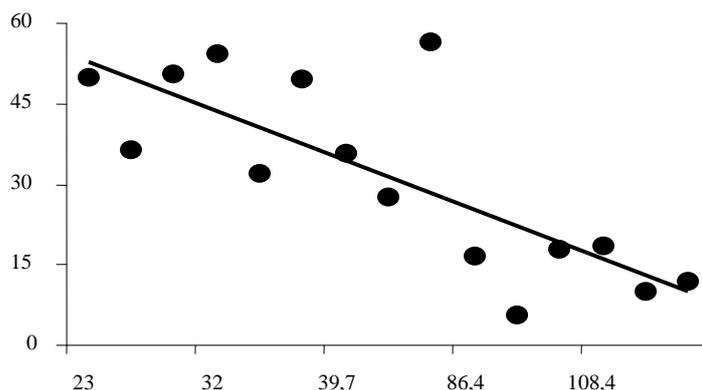


Рис. 4. Зависимость между отношением концентрации ретинола к концентрации тироксина (y) в плазме и живой массой поросят (x, кг)

Для расчета нормативов контроля обеспеченности организма свиней витаминами мы использовали выражения, полученные в опытах в виварии института на свиньях с учетом последних достижений института в области их питания, кормления и содержания:

$$\text{Для витамина B}_1: Y = 0,02346 X^{1,76932}$$

$$\text{Для витамина B}_2: Y = 0,59005 + 0,008895 X$$

Для витамина В<sub>5</sub>:  $Y = 2,49975 + 0,00805 X$

Для витамина А:  $Y = 59,78989 - 0,44669 X$

где Y- тестируемый показатель, X- живая масса свиней.

*Таблица 1. Примерные нормы тестирования\* витаминов в организме свиней в зависимости от живой массы.*

Масса, кг	Тест на ретинол	Тест на тиамин	Тест на рибофлавин	Тест на ниацин
1	59,343	0,024	0,599	2,504
10	55,323	1,379	0,679	2,576
20	50,856	4,702	0,769	2,657
30	46,389	9,635	0,858	2,737
40	41,922	16,028	0,948	2,818
50	37,455	23,788	1,037	2,898
60	32,988	32,844	1,127	2,979
70	28,522	43,143	1,216	3,059
80	24,055	54,641	1,306	3,140
90	19,588	67,302	1,395	3,220
100	15,121	81,094	1,485	3,301

Примечание: \*Тест на ретинол: отношение концентрации ретинола в плазме к концентрации в ней тироксина; тест на тиамин: отношение концентрации пирувата в цельной крови к концентрации в ней тиамина; тест на рибофлавин: отношение концентрации рибофлавина в эритроцитах к концентрации его в плазме; тест на ниацин: концентрация ниацина в моче, мкг/мл.

### **Заключение**

Таким образом, нами разработаны тесты контроля обеспеченности организма свиней важнейшими витаминами-участниками ключевых метаболических процессов. Дальнейшие исследования состоят в уточнении приведенных выше нормативов, а также в разработке простых, но в то же время адекватных методов определения.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Дудин В.И., Рябых Т.Е. Обеспеченность организма растущих свиней витаминами А, Е, В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> при различных условиях белково-аминокислотного питания. Тр. ВНИИФБиП, 2005, 44
- 2 Дудин В.И., Аитов С.Н., Рябых Т.Е., Жарова Т.В., Комкова Е.Е. Новые способы физиологического и биохимического контроля обеспеченности свиней витаминами. Тр. ВНИИФБиП, 2000, 39: 345-355.
- 3 Уайт А., Хендлер Ф., Смит Э., Хилл Р., Леман И. Основы биохимии, 1981, 3
- 4 Goodman D.S. Vitamin A and retinoids in health and disease. New England Journal of Medicine, 1984, 310: 1023-1031.
- 5 Ong D.E. Vitamin A-binding proteins. Nutrition Reviews, 1985, 43: 225-232.
- 6 Schweigert F.E., Thomann E. Organverteilung der Vitamin A und E bei Fleischfressern. Vitamine und weitere Zusatzstoffe bei Mensch und Tiere. Jena, 1991: 48-53.
- 7 Tomkins A., Hussey G. Vitamin A, immunity and infection. Nutrition Research Reviews, 1989, 2: 17-28

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ БАКТЕРИЙ *BACILLUS SUBTILIS* ПРИ СИЛОСОВАНИИ ТРАВ

*Ю.А. Победнов, А.А. Мамаев, А.П. Гаганов*  
ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса

### **Введение**

Предложение об использовании культуры *Bacillus subtilis* при силосовании растительного сырья все еще неоднозначно воспринимается многими исследователями. И действительно, ведь еще недавно считалось, что кислотообразующая сила этих бактерий относительно невелика, да к тому же они обладают протеолитическими свойствами. Благодаря последнему качеству, они, по мнению Е.Н. Мишустина (1964), вначале не только не подкисляют, а даже подщелачивают среду брожения, что неизбежно приводит к увеличению потерь и снижению качества корма по продуктам брожения. И именно с актив-

ным развитием бактерий *Bacillus subtilis*, вместо молочнокислых, автор и связывает низкое качество силоса из сильно разогретой в период закладки в силосохранилища зеленой массы. Однако выполненные нами исследования позволяют прийти к иному заключению.

### **Материал и методы**

Изучение влияния культуры *Bacillus subtilis* на сохранность и качество полученного корма было начато нами с установления оптимальной дозы этих бактерий при силосовании трав. В опытах использовали культуру *Bacillus subtilis* (штамм 111) селекции ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Санкт-Петербург), которую вносили из расчета  $10^3$ ,  $10^5$  и  $10^7$  клеток бактерий на 1 г силосуемой массы.

### **Результаты и обсуждение**

Результаты показали (табл.1), что по ограничению распада питательных веществ до газообразных продуктов оптимальной дозой внесения бактерий вида *Bacillus subtilis* является  $10^5$  бактерий на 1 г силосуемой массы. При уменьшении количества указанных микроорганизмов в 1 г силосуемой массы до  $10^3$  их эффективность заметно снижается, в то время как увеличение дозы до  $10^7$  уже не дает дополнительного эффекта.

Важно отметить, что во всех без исключения случаях внесение культуры *Bacillus subtilis* приводило к очень существенному сокращению образования аммиака в корме, что не подтверждает ранее существовавшую гипотезу о высокой протеолитической активности этого вида микроорганизмов.

По мнению Л. Пастера (1937), бактерии *Bacillus subtilis*, в отличие от гнилостных анаэробных бактерий (*Bacillus putrificus*, *Bacillus perfringens* и др.), отнюдь не являются аммонификаторами, и, стало быть, не способствуют расщеплению белка до его конечного продукта – аммиака. Они только пептонируют белок, по существу улучшая его усвояемость животными.

Таблица 1. Оптимальная доза внесения бактерий вида *Bacillus subtilis* при силосовании трав

Доза внесения бактерий <i>Bac. subtilis</i> , log/г массы	Объем выделенного при силосовании газа, л/кг сухого вещества массы	pH	Содержание в сухом веществе корма, %			
			аммиака	органических кислот		
				молочной	уксусной	масляной
Злаково-клеверная смесь (27,3 % сухого вещества)						
0	10,6	4,14	0,22	14,9	2,1	0,0
3	9,4	3,72	0,15	20,0	2,3	0,0
5	9,5	3,70	0,11	20,9	1,8	0,0
7	9,1	3,68	0,12	20,4	1,5	0,0
Галега восточная (21,9 % сухого вещества)						
0	41,0	5,73	1,32	15,6	4,6	0,9
3	13,2	4,44	0,52	16,5	2,3	0,5
5	5,8	4,01	0,28	16,0	2,2	0,0
7	5,7	4,01	0,28	15,8	2,2	0,0
Клевер луговой (19,8 % сухого вещества)						
0	13,6	4,44	0,26	13,1	3,8	0,0
3	11,0	4,33	0,21	13,2	3,1	0,0
5	10,6	4,26	0,16	13,6	2,8	0,0
7	11,1	4,23	0,16	13,4	3,1	0,0

Сравнительные исследования по определению эффективности использования при силосовании трав бактерий *Bacillus subtilis* и препарата молочнокислых бактерий Биотроф показали (табл.2), что в подавляющем большинстве случаев они не только не уступают, но даже превосходят последний как по скорости, так и по интенсивности подкисления корма. В то же время прослеживается и определенная зависимость консервирующего эффекта культуры *Bacillus subtilis* от содержания сухого вещества и сахаро-буферного отношения в зеленой массе. Совершенно очевидно, что использовать данную культуру, равно как и препараты молочнокислых бактерий, при силосовании свежескошенных (15-20 % сухого вещества) трав с очень низким (менее 1,0) сахаро-буферным отношением нельзя, так как это не приводит к сколько-нибудь существенному сокращению потерь питательных веществ от их распада до газообразных продуктов и не исключает опасность возникновения в корме маслянокислого брожения.

**Таблица 2. Сравнительная эффективность препарата Биотроф и культуры *Bacillus subtilis* при силосовании трав с различным содержанием сухого вещества и сахаро-буферным отношением**

Силос	Объем выделенного при силосовании газа, л/кг сухого вещества массы	рН		Содержание в сухом веществе корма, %			
		через 3 суток силосования	готового корма	аммиака	органических кислот		
					молочной	уксусной	масляной
	Из люцерны (13,7 % сухого вещества, сахаро-буферное отношение 0,8)						
без добавок	37,6	5,33	5,49	1,15	11,9	3,9	10,1
с Биотроф с <i>Vac. subtilis</i>	42,4	5,03	5,37	1,05	11,0	4,4	8,9
	35,8	4,95	5,36	1,00	9,7	3,9	8,8
	Из галеги восточной (22,4 % сухого вещества, сахаро-буферное отношение 0,6)						
без добавок	35,2	5,92	5,75	0,69	10,9	0,9	6,1
с Биотроф с <i>Vac. subtilis</i>	42,0	5,72	5,80	0,83	10,5	2,7	6,9
	33,5	5,39	5,91	0,62	9,7	1,4	5,6
	Из злаковой смеси (21,1 % сухого вещества, сахаро-буферное отношение 1,5)						
без добавок	17,0	5,85	5,01	0,28	13,2	2,0	0,1
с Биотроф с <i>Vac. subtilis</i>	9,9	5,11	4,61	0,24	13,2	2,0	0,2
	8,0	4,57	4,40	0,18	13,0	2,0	0,0
	Из райграса однолетнего (23,8 % сухого вещества, сахаро-буферное отношение 4,4)						
без добавок	13,7	5,01	4,28	0,17	15,4	1,6	0,0
с Биотроф с <i>Vac. subtilis</i>	10,3	4,55	3,92	0,13	16,8	1,4	0,0
	9,0	4,36	3,92	0,13	15,9	1,5	0,0
	Из галеги восточной (40,2 % сухого вещества, сахаро-буферное отношение 0,9)						
без добавок	11,2	5,73	4,76	0,21	8,8	2,1	0,6
с Биотроф с <i>Vac. subtilis</i>	9,5	4,88	4,55	0,22	8,2	3,6	0,4

троф с <i>Bac.</i> <i>subtilis</i>	5,9	4,93	4,31	0,16	8,7	2,7	0,0
продолжение таблицы 2							
Из люцерны (32,7 % сухого вещества, сахаро-буферное отношение 0,8)							
без до- бавок	12,3	5,20	4,82	0,58	11,5	5,8	0,0
с Био- троф с <i>Bac.</i> <i>subtilis</i>	11,4	4,89	4,78	0,47	13,2	3,8	0,7
Из злаковой смеси (29,4 % сухого вещества, сахаро-буферное отношение 3,3)							
без до- бавок	9,1	4,95	4,60	0,43	10,8	5,6	0,0
с Био- троф с <i>Bac.</i> <i>subtilis</i>	13,4	5,30	4,29	0,15	10,4	1,7	2,7
Из райграса однолетнего (36,8 % сухого вещества, сахаро-буферное отношение 4,4)							
без до- бавок	10,5	4,80	3,83	0,11	15,2	2,8	0,0
с Био- троф с <i>Bac.</i> <i>subtilis</i>	10,1	4,42	3,80	0,04	14,8	2,4	0,0
без до- бавок	28,5	6,20	5,64	0,14	11,6	0,9	0,2
с Био- троф с <i>Bac.</i> <i>subtilis</i>	22,4	5,65	4,49	0,12	14,4	1,1	0,1
с <i>Bac.</i> <i>subtilis</i>	8,5	4,59	4,09	0,09	14,1	1,1	0,0

В то же время нельзя не отметить, что если культура *Bacillus subtilis* в данном случае лишь не способствовала заметному улучшению сохранности и качества полученного корма, то препарат молочнокислых бактерий Биотроф явно стимулировал его порчу, обуславливая увеличение распада питательных веществ до газообразных продуктов и содержания в силосе аммиака. Объяснение этому явлению дала Е.А. Алешина (1982), установившая двоякое влияние молочнокислых бактерий на протеолитических клостридий: ингибирующее в обычных условиях, то есть при достаточно интенсивном подкислении массы, и стимулирующее – в буферной среде, какой и является силос из бобовых трав. В последнем случае *Lactobacillus plantarum*, наоборот, активизирует развитие клостридий, в результате чего процессы брожения в силосе приобретают характер гнилостных.

Однако при силосовании провяленных (более 30 % сухого вещества) трав с сахаро-буферным отношением менее 1,0, культура *Bacillus subtilis*, в отличие от препарата Биотроф, уже обеспечивает заметное сокращение потерь

питательных веществ от их распада до газообразных продуктов и полное устранение в корме маслянокислого брожения.

При сахаро-буферном отношении в силосуемой массе свежескошенных трав 1,5-4,4 культура *Bacillus subtilis*, по сокращению распада питательных веществ до газообразных продуктов, уже практически не уступала препарату Биотроф, однако и в этом случае она заметно превосходила его по надежности устранения в корме маслянокислого брожения, особенно при относительно невысоком (около 1,5) сахаро-буферном отношении в травах. При силосовании же провяленных трав с сахаро-буферным отношением выше 4,0 она по своей эффективности значительно превосходила препарат Биотроф.

Более высокая, нежели у препарата Биотроф, эффективность культуры *Bacillus subtilis* при силосовании трудносилосующихся свежескошенных трав, а также провяленной массы как с очень низким, так и очень высоким сахаро-буферным отношением, обусловлена ее высокой антибиотической активностью по отношению к нежелательной при силосовании микрофлоре. Еще В.А. Мирзоева (1959) отмечала ярко выраженную бактериолитическую активность этой группы микроорганизмов по отношению к патогенным микробам. Причем, *Bacillus subtilis* оказывала губительное влияние даже на высокоустойчивые споровые формы, какими являются возбудители сибирской язвы и туберкулеза. Особенно важно то, что антибиотики этой культуры эффективно подавляют развитие клостридий.

**Таблица 3. Эффективность культуры *Bacillus subtilis* и химических консервантов при силосовании трав с различным сахаро-буферным отношением**

Силос	Объем выделенного при силосовании газа, л/кг сухого вещества массы	рН	Содержание в сухом веществе корма, %			
			аммиака	органических кислот		
				молочной	уксусной	масляной
Из галеги восточной (22,0 % сухого вещества, сахаро-буферное отношение 1,1)						
без добавок	40,2	5,68	0,57	7,8	1,6	6,0
с <i>Bac.subtilis</i> с 0,5 % АИВ-3 плюс	7,7	4,23	0,26	12,5	3,6	0,1
Из галеги восточной (16,4 % сухого вещества, сахаро-буферное отношение 2,0)						
без добавок	42,1	5,96	1,34	13,4	4,4	4,7
с <i>Bac.subtilis</i> с 0,5 % му-	6,5	4,58	0,45	13,1	3,3	0,0

равьиной кислоты	0,6	3,56	0,15	7,7	7,1	0,0
продолжение таблицы 3						
Из райграса однолетнего (18,4 % сухого вещества, сахаро-буферное отношение 5,2)						
без добавок	19,4	3,77	0,12	15,6	1,3	0,0
с <i>Vac.subtilis</i> с 0,5 %	8,0	3,57	0,06	17,2	1,5	0,0
АИВ-3 плюс	7,4	3,85	0,22	8,0	4,3	0,0
Из райграса однолетнего (22,2 % сухого вещества, сахаро-буферное отношение 6,1)						
без добавок	15,2	3,84	0,09	13,4	1,7	0,0
с <i>Vac.subtilis</i> с 0,5 %	8,3	3,54	0,00	12,5	2,0	0,0
АИВ-3 плюс	17,8	4,26	0,15	10,4	3,0	0,0
Из люцерны Луговая 67 (34,4 % сухого вещества, сахаро-буферное отношение 0,7)						
без добавок	8,5	4,50	0,25	18,7	3,5	0,0
с <i>Vac.subtilis</i> с 0,5 % про- пионовой кислоты	6,9	4,36	0,16	18,9	2,9	0,0
	3,7	4,15	0,07	20,7	2,3	*
Из галеги восточной (30,2 % сухого вещества, сахаро-буферное отношение 2,0)						
без добавок	6,9	4,77	0,30	10,7	2,5	0,0
с <i>Vac.subtilis</i> с 0,5 % му- равьиной кислоты	3,6	4,08	0,10	10,9	1,9	0,0
	0,2	3,98	0,17	4,9	5,1	0,0
Из райграса однолетнего (36,2 % сухого вещества, сахаро-буферное отношение 6,1)						
без добавок	20,8	4,82	0,06	12,5	0,7	0,0
с <i>Vac.subtilis</i> с 0,5 %	7,6	3,77	0,00	10,9	1,1	0,0
АИВ-3 плюс	1,9	4,43	0,10	6,0	2,9	0,0

Примечание: \* В соответствии с ОСТ 10202-97 в силосе, законсервированном пропионовой кислотой и ее смесями с другими кислотами, массовую долю масляной кислоты не определяют

Кроме того, установлено, что бактерии *Bacillus subtilis* продуцируют и целый ряд антибиотиков фунгицидного действия, эффективно устраняющих жизнедеятельность дрожжей и плесневых грибов (Loeffler W. u.a., 1990). Этим и объясняется их высокая эффективность при силосовании высокосахаристых трав.

В таблице 3 дана сравнительная эффективность культуры *Bacillus subtilis* и жидких органических кислот при силосовании свежескошенных и про-

вяленных трав как с очень низким, так и с очень высоким сахаро-буферным отношением. Из приведенных результатов следует, что при силосовании проявленной массы независимо от ее сахаро-буферного отношения, а также свежескошенных трав с сахаро-буферным отношением выше 1,0 культура *Bacillus subtilis* лишь ненамного уступает по своей эффективности химическим консервантам, а при силосовании свежескошенных трав с очень высоким сахаро-буферным отношением (5,2-6,1) не только не уступает, но даже в отдельных случаях превосходит их. При этом важно отметить, что высокая эффективность культуры *Bacillus subtilis* при силосовании трав обеспечивается независимо от того, подкислился корм до pH 4,2 и ниже или нет.

Высокая эффективность культуры *Bacillus subtilis* при силосовании несилосующихся (люцерна) и трудносилосующихся (вико-овсяная смесь) проявленных трав была получена нами и в полупроизводственных опытах, в которых силосование массы проводили в 0,5 м<sup>3</sup> металлических сосудах, а полученный корм скармливали взрослым валухам романовской породы для определения переваримости. Схема проведения данных опытов ясна из данных таблицы 4, в которой представлены и результаты.

Как следует из данных таблицы 4, культура *Bacillus subtilis* обеспечила практически такую же сохранность питательных веществ при силосовании проявленной массы люцерны, как и добавка 0,5 % муравьиной кислоты (к массе). Одинаково высоким было и качество полученного корма по продуктам брожения. При этом, высокое качество силоса из проявленной люцерны, приготовленного с внесением культуры *Bacillus subtilis*, отмечалось на фоне высокого его pH. Последнее означает, что в этом случае активность клостридий была подавлена антибиотическими соединениями, продуцируемыми бактериями *Bacillus subtilis*.

Более же высокое, нежели в силосе с добавкой муравьиной кислоты, содержание аммиака объясняется продолжительной активностью протеолитических ферментов в растениях. В. McKersie и J. Buchanan-Smith (1982) доказали, что протеолиз в люцерне в первые двое суток силосования, вследствие медленного ее подкисления, достигает 25 ммоль аминокислот в час на 1 кг сухого вещества. При этом проявление люцерны до содержания сухого вещества 35 % не влияет на уровень и динамику активности протеолитических ферментов.

Таблица 4. Сохранность и качество полученного корма

Силос	Потери сухого вещества при силосовании, %	рН	Содержание в сухом веществе корма, %			Содержание в 1 кг сухого вещества корма	
			аммиака	органических кислот	МДж, ОЭ	переваримого протеина, г	
							молочной
Из люцерны (36,2 % сухого вещества, сахаро-буферное отношение 0,5)							
с 0,5 % муравьиной кислоты	2,2	4,20	0,12	7,0	0,0	9,3	111,7
с <i>Vac.subtilis</i>	2,9	4,99	0,21	9,7	0,0	9,8	114,3
Из вико-овсяной смеси (25,8 % сухого вещества, сахаро-буферное отношение 1,2)							
без добавок	13,8	4,35	0,27	8,8	2,6	9,0	60,6
с Биотроф	12,4	4,09	0,22	9,8	1,1	9,0	59,7
с <i>Vac.subtilis</i>	10,8	3,92	0,18	11,5	0,0	9,0	66,7
с 0,5 % пропионовой кислоты	13,3	4,14	0,23	9,3	*	8,8	70,3

Примечание: \* В соответствии с ОСТ 10202-97 в силосе, законсервированном с пропионовой кислотой и ее смесями с другими кислотами, массовую долю масляной кислоты не определяют

Одновременно в силосе, приготовленном с культурой *Bacillus subtilis*, отмечалась тенденция к увеличению переваримости сырой клетчатки, сырого жира и БЭВ, что и обусловило некоторое повышение его энергетической питательности, по сравнению с силосом, законсервированным муравьиной кислотой, при практически одинаковом содержании в них переваримого протеина.

При спонтанном заквашивании вико-овсяной смеси и ее силосовании с добавкой препарата Биотроф качество корма по продуктам брожения было неудовлетворительным: в нем отмечалось очень высокое накопление масляной

кислоты. Причем это произошло на фоне довольно сильного подкисления корма (рН 4,35-4,09). С одной стороны это может быть следствием высокой буферности вико-овсяной смеси, обуславливающей медленное заквашивание корма. С подобным явлением сталкивался Е.Г. Коноплев (1971), проводя опыты по силосованию гороха. С другой – связано с технологическими особенностями вико-овсяной смеси, как силосуемого сырья. В.А. Сидоров (1968) установил, что при равном содержании сухого вещества осмотическое давление сока вико-овсяной смеси значительно ниже, чем, например, у клевера или той же горохо-овсяной смеси. Поэтому критическое значение рН у вико-овсяной смеси, необходимое для подавления жизнедеятельности нежелательных при силосовании бактерий, значительно ниже, чем у клевера или горохо-овсяной смеси. Очевидно, что ни спонтанное силосование указанной смеси, ни ее силосование с добавкой препарата Биотроф, ни даже ее химическое консервирование пропионовой кислотой не обеспечили подкисления корма до необходимого значения рН, чем и объясняется невысокая эффективность этих препаратов. И только при силосовании с *Bacillus subtilis* рН корма достиг значения 3,92, что предотвратило образование в нем масляной кислоты и привело к заметному сокращению потерь питательных веществ. Однако не исключено, что и в этом случае не последнюю роль в устранении маслянокислого брожения сыграли именно антибиотические выделения этих бактерий.

Повышение активной кислотности в силосе, приготовленном с добавкой культуры *Bacillus subtilis*, по сравнению с массой, засилосованной с препаратом Биотроф, объясняется тем, что она образует экзофермент амилазу, расщепляющий крахмал до глюкозы, мальтозы и олигогликозидов (Стейниер и др., 1979), содержание которого в вико-овсяной смеси достигает 4-8 % (Игловиков и др., 1983), с последующим сбраживанием простых сахаров преимущественно в молочную кислоту. Однако на увеличение энергетической питательности полученного корма в этом случае она уже не оказала никакого влияния, что, очевидно, также связано с особенностью вико-овсяной смеси, как силосуемого сырья. Дело в том, что, в отличие от горохо-овсяной смеси, по мере повышения фазы спелости которой содержание сырой клетчатки в сухом веществе массы, вследствие все более возрастающей доли зерна, практически не изменяется и находится на уровне 25-27 % (Макарова, 1966), в вико-овсяной смеси ее содержание постоянно растет и уже в фазе завязывания бобов достигает 33 % (Вейер и др., 1974). Понятно, что существенно увеличить энергетическую питательность силоса из такого низкокачественного сырья весьма проблематично.

Высокая эффективность культуры *Bacillus subtilis* отмечалась и при ее использовании в производственных условиях на Моршанской селекционной станции (Тамбовская область). В этом случае злаковую травосмесь первого укоса предварительно проявляли в поле. Однако, вследствие крайне неблагоприятных погодных условий лета 2004 года, существенно повысить содержание сухого вещества в массе этим технологическим приемом не удалось. Травы из-за частых дождей проявлялись крайне неравномерно, в результате чего среднее содержание сухого вещества в силосуемом сырье не превышало 25 %.

Массу закладывали на силос в две наземные бетонные траншеи емкостью 400 т (обычным способом) и 800 т (с использованием культуры *Bacillus subtilis*). Оба силоса после тщательного уплотнения герметизировали полиэтиленовой пленкой с прижатием последней по всей поверхности грузом.

Тот и другой корм одновременно были вскрыты спустя семь месяцев хранения. Органолептическая оценка показала, что обычный силос имел неудовлетворительное качество. Он характеризовался темно-зеленым цветом, свидетельствующим о недостаточной степени его подкисления, и неприятным селедочным запахом, подтверждающим наличие в нем большого количества масляной кислоты. Силос, приготовленный с использованием культуры *Bacillus subtilis*, напротив, был очень высокого качества: имел сохранившуюся структуру, умеренно кислый запах, напоминающий запах квашеных овощей и зеленовато-оливковый цвет, свидетельствующий о его нормальном заквашивании. В полном соответствии с органолептическими показателями находилось и качество корма по продуктам брожения (табл.5).

**Таблица 5. Качество обычного и приготовленного с использованием культуры *Bacillus subtilis* силоса из злаковой травосмеси**

Силос	Содержание сухого вещества в массе, %	рН	Содержание в сухом веществе органических кислот			
			аммиака	молочной	уксусной	масляной
Без добавок (n=4)	22,22±1,40	5,23±0,07	0,89±0,14	4,69±0,55	1,65±0,26	12,05±1,07
С <i>Bac. subtilis</i> (n=4)	25,17±0,98	4,11±0,07*	0,25±0,06*	12,94±3,12	5,47±0,28*	0,05±0,05*

Примечание: \* Разница достоверна по отношению к контролю, P<0,05

Полученные в производственном опыте данные полностью подтвердили результаты выполненных ранее лабораторных и полупроизводственных опытов о высокой эффективности использования бактерий *Bacillus subtilis* при силосовании трав с относительно невысоким содержанием сухого вещества. Прежде всего, необходимо отметить, что опытный силос имел значительно более высокую активную кислотность, которая обеспечила резкое снижение содержания в нем аммиака и практически полное устранение маслянокислого брожения, в то время как контрольный силос по существу оказался недоброкачественным по продуктам брожения.

В соответствии с качеством полученного корма находилась и сохранность питательных веществ в процессе силосования. Она была выше в опытном силосе (87 %), против 80,6 % в контроле.

Оценка полученного корма проводилась в научно-хозяйственном опыте на лактирующих коровах. Для этого были отобраны по принципу парных аналогов две группы коров черно-пестрой породы (по 9 животных в каждой). В течение 20 дней уравнительного периода все животные получали хозяйственный рацион, состоящий из 20 кг обычного травяного силоса, 3,5 кг сена, 20 кг барды, 6 кг ячменной дерты и 1 кг подсолнечникового жмыха. Среднесуточный удой коров контрольной и опытной групп в этот период оказался практически одинаковым и составил, соответственно  $16,9 \pm 0,39$  и  $16,7 \pm 0,29$  кг молока (разница не достоверна,  $P > 0,05$ ).

В учетный период опыта (60 дней) рацион коров был несколько изменен. Животные стали получать по 35 кг травяного силоса, 20 кг барды, 5,2 кг ячменной дерты и 2,3 кг подсолнечникового жмыха. Разница состояла лишь в том, что коровы контрольной группы продолжали получать обычный силос, а опытной – приготовленный с внесением культуры *Bacillus subtilis*. Данные о влиянии контрольного и опытного силоса на продуктивность лактирующих коров сведены в таблицу 6.

Как следует из данных таблицы 6, скармливание коровам опытного силоса, взамен контрольного, обусловило увеличение их молочной продуктивности с 16,7 до 18,6 кг в сутки или в пересчете на молоко с 4 % жирностью – с 15,3 до 16,8 кг. Но из-за больших колебаний в продуктивности подобранных парных аналогов животных контрольной и опытной групп эта разница в удоях оказалась не достоверной.

Таблица 6. Молочная продуктивность и изменение живой массы коров в учетный период опыта

Показатели	Группы коров	
	контрольная	опытная *
Среднесуточный удой молока, кг	16,7 ± 0,74	18,6 ± 0,69
Жирность молока, %	3,69 ± 0,11	3,61 ± 0,10
Среднесуточный удой 4%-ного молока, кг	15,3 ± 0,53	16,8 ± 0,89
Среднесуточный прирост живой массы, г	408 ± 104	632 ± 106

Примечание: \* Разница недостоверна по отношению к контролю, P>0,05

Подводя итог сказанному, можно отметить, что культура *Bacillus subtilis* выгодно отличается от уже предложенного сельскохозяйственной практике препарата Биотроф, прежде всего своей универсальностью, позволяющей использовать ее при заготовке силоса практически из любого растительного сырья. Но наибольшей эффективностью она обладает при силосовании трав с очень низким (менее 1,5) и очень высоким (более 4,0) сахаро-буферным отношением, то есть на таком сырье, на котором использование препарата Биотроф мало- или совсем неэффективно.

При силосовании трав с сахаро-буферным отношением менее 1,0 высокая консервирующая способность культуры *Bacillus subtilis* обеспечивается лишь при условии их предварительного провяливания до содержания сухого вещества не менее 35 %.

Полученный с использованием указанной культуры силос охотно поедается молочными коровами, способствуя увеличению их среднесуточного удоя. Никакого отрицательного влияния бактерий *Bacillus subtilis* на состояние здоровья животных и качество полученной продукции не наблюдалось, что дает основание рекомендовать ее в качестве компонента для создания принципиально новых высокоэффективных биологических препаратов, используемых в практике силосования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алешина Е.А. Протеолитические анаэробы рода *Clostridium*, их биологические особенности и роль в силосовании кормов: Автореф. дисс...канд. биол. наук. М., 1982:16 с.

2. Вейер М., Худый А., Хоффманн и др. Новая система оценки кормов в ГДР. Пер. с нем. М., 1974:246 с.
3. Игловиков В.Г., Оляшев А.И., Киреев В.Н. и др. Повышение качества и эффективности использования кормов. М., 1983:317 с.
4. Коноплев Е.Г. Использование зеленой массы гороха на силос. Сб. Однолетние культуры на корм. М., 1971: 131-135.
5. Макарова К.Г. Силосование гороха и горохо-овсяной смеси. Животноводство. 1966, 7: 28-31.
6. Мирзоева В.А. Бактерии группы сенной и картофельной палочек. М., 1959: 175 с.
7. Мишустин Е.Н. Микробиологические процессы при силосовании кормов. Сб. Силосование и технология кормов. М., 1964: 5-19.
8. Пастер Л. Исследования о брожениях. Пер. с фр. М. Л., 1937:487 с.
9. Сидоров В.А. Влияние влажности растений на качество силоса. Животноводство. 1968, 8: 32-34.
10. Стейниер Р., Эдельберг Э., Ингрэм Дж. Мир микробов. Пер. с англ. М., 1979, 2: 334 с.
11. Loeffler W., Katzer W., Kremer S. u.a. Gegen Pilze wirksame Antibiotika der Bacillus subtilis – Gruppe. Forum mikrobiologie. 1990, 3: 156-163.
12. McKersie B., Buchanan-Smith J. Changes in the levels of proteolytic enzymes in ensiled alfalfa forage. Canad. J. Pl. Sci. 1982, 62, 1: 111-116.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ КОРМОВЫХ КОНЦЕНТРАТНЫХ СМЕСЕЙ (ККС) ИЗ КОРМОВЫХ БОБОВ, РАПСА И ЯЧМЕНЯ В РАЦИОНАХ МОЛОЧНОГО СКОТА

*А.П. Гаганов, Н.Г. Григорьев*  
ВНИИ кормов им. В.Р.Вильямса

### **Введение**

Одним из основных условий успешного развития скотоводства является организация полноценного сбалансированного кормления животных. Без укрепления кормовой базы, совершенствования рецептуры комбикормов, кормовых добавок и технологий приготовления объемистых кормов невозмо-

жен дальнейший прогресс в производстве молока. Актуальность этих вопросов становится все более очевидной, особенно в последние годы, когда рост продуктивности скота сдерживается из-за слабой кормовой базы и недостатка высокобелковых и высокоэнергетических кормов. В настоящее время дефицит белка в животноводстве составляет 1,9 млн. тонн, что приводит к недополучению 25-30 % животноводческой продукции. Энергетический и белковый недокорм животных снижает эффективность использования кормов, увеличивает их расход и затраты на единицу продукции. Это в свою очередь снижает экономическую эффективность и рентабельность животноводства. Так, в среднем по стране затраты кормов на 1 ц прироста живой массы у крупного рогатого скота составляют 14,5 ц кормовых единиц, молока 1,3 ц, что в 1,3-2,0 раза выше нормативных требований. Многие годы семена зернобобовых культур рассматриваются как возможный источник пополнения белка в рационах животных. По сравнению со злаками в зерне бобовых культур содержится в 2-3 раза больше протеина и в 3-5 раз больше лизина. Одной из перспективных бобовых культур являются бобы. Они содержат в среднем 25-33 % сырого протеина, но в них относительно мало сырого жира (до 2 %). В настоящее время созданы детерминантные сорта кормовых бобов, позволяющие получать до 30 ц/га семян. Основным фактором, сдерживающим их использование в кормлении животных, является наличие таннинов. Результаты исследований показали, что у растений с высоким содержанием таннина, переваримость сухого вещества составляет 63,4 %, а с низким – 71,8 % (Donnelly et. al. 1969). Крохина и др. (1980) рекомендуют включать в состав комбикормов для телят старше 10 месяцев не более 10 % кормовых бобов. Баварский земельный научно-исследовательский институт не рекомендует увеличивать долю бобов в рационе молочных коров свыше 2 кг. По данным ВИЖа количество кормовых бобов в таком рационе не должно превышать 1,5 кг (Калашников и др., 1986).

В наших исследованиях на валухах увеличение доли кормовых бобов с 15 до 30 и 45 % в составе кормовой концентратной смеси (ККС) и её уровня в рационе с 24 до 43 % способствовало повышению переваримости питательных веществ рационов.

Целью исследований явилось изучение влияния кормовой концентратной смеси с бобами на продуктивность крупного рогатого скота.

### **Материал и методы**

Научно-производственные опыты на выращиваемых тёлках и лактирующих коровах проведены в Московской селекционной станции по мето-

дике Овсянникова (1976) на 18 коровах и 20 телках, разделенных по принципу аналогов. Продолжительность опыта на телках 2 месяца, на коровах – 89 дней. Для опыта была приготовлена партия ККС следующего состава: зерно ячменя – 60 %, семена рапса – 15 %, кормовых бобов – 25 %. ККС была обработана на экструдере КЗМ-2У.

Энергетическую оценку рационов и эффективности их использования проводили согласно методических рекомендаций ВНИИ кормов (1987, 2002).

Схема опытов представлена в таблице 1.

*Таблица 1. Схема опытов по использованию кормовой концентратной смеси (ККС) в рационах крупного рогатого скота*

Группа	Количество голов	Рацион
На телках		
Опытная	10	Силос вико-овсяный + 2,5 кг ККС
Контрольная	10	Силос вико-овсяный + 2,5 кг комби-корма
На коровах		
Опытная	9	Силос кукурузный + силос вико-овсяный + 1,0 кг патоки + 10 кг ККС
Контрольная	9	Силос кукурузный + силос вико-овсяный + 1,0 патоки + 10 кг комби-корма

### Результаты и обсуждение

*Опыты на телках.* Приготовленная на экструдере ККС содержала 13,3 МДж кг/ СВ обменной энергии и 18,1 % сырого протеина. В комбикорме содержалось 11,55 МДж/кг СВ обменной энергии и 19,5 % сырого протеина. Для сравнительной оценки комбикорма и ККС на продуктивность животных был проведен научно-хозяйственный опыт на телках. Животные обеих групп получали подвяленный вико-овсяный силос. Контрольной группе дополнительно к силосу давали 2,5 кг комбикорма, а опытной – 2,5 кг ККС, премикс, соль и кормовой мел (табл. 2).

Таблица 2. Рацион кормления тёллок (в среднем за опытный период)

Показатель	Группы	
	опытная	контрольная
Силос вико-овсяный, кг	11,3	10,9
Кормовая концентратная смесь, кг	2,5	-
Комбикорм, кг	-	2,5
Премикс, г	25	-
Соль, г	30	-
Мел кормовой, г	20	-
В рационе содержится:		
Сухого вещества, кг	6,85	6,54
Обменной энергии, МДж	70,52	64,49
Сырого протеина, г	1065	1056
Переваримого протеина, г	709	712
Сырой клетчатки, г	1,37	1,32
Сырого жира, г	327	150
БЭВ, кг	3,51	3,44
Кальция, г	46,6	45,5
Фосфора, г	26,7	33,8

Тёлки опытной группы потребляли на 0,3 кг сухого вещества силоса больше. Поскольку в составе ККС использовали семена рапса, то количество потребленного с рационом жира было в 2,2 раза выше. Содержание в рационе других питательных веществ по группам существенно не различалось. В середине научно-хозяйственного опыта были проведены физиологические исследования по изучению влияния рационов на переваримость питательных веществ тёлками (таблица 3).

Таблица 3. Переваримость питательных веществ рационов тёлками

Группа	Коэффициент переваримости, %				
	СВ	СП	СК	СЖ	БЭВ
Опытная	67,08	66,55	57,87	79,33	75,52
Контрольная	67,10	67,43	60,70	51,90	75,89

Переваримость сухого вещества, сырого жира и БЭВ существенно не различалась, сырая клетчатка лучше переваривалась тёлками контрольной, а сырой жир – опытной группы.

Данные по использованию обменной энергии в рационах животных представлены в таблице 4.

*Таблица 4. Использование энергии рационов тёлками*

Показатель	Группы	
	опытная	контрольная
Валовая энергия, МДж	130,30	116,10
Энергия кала, МДж	37,03	35,17
Переваримая энергия, МДж	93,27	80,93
Энергия мочи и метана, МДж	22,75	16,44
Обменная энергия, МДж	70,52	64,49
Энергия поддержания, МДж	27,61	26,54
Сверхподдерживающая, ОЭ, МДж	42,91	37,95
Энергия прироста живой массы, МДж	13,08	11,68
Коэффициент продуктивного использования сверхподдерживающей ОЭ, %	30,48	30,78

Содержание обменной энергии в рационах определяется уровнем потребления питательных веществ, их переваримостью и потерями энергии с мочой и метаном. Потери энергии с калом, мочой и метаном максимальными были у тёлочек опытной группы и составили 59,78 МДж, что на 15 % выше, чем у животных контрольной группы. Но, так как молодняк опытной группы потреблял с рационом больше валовой энергии, то и содержание обменной энергии в рационах этих животных оказалось на 9,4 % больше. Количество обменной энергии, необходимое для поддержания жизни, было также больше (на 1,07 МДж) у тёлочек опытной группы. В результате уровень обменной энергии, израсходованный на синтез продукции у животных опытной группы оказался равным 42,91 МДж, что на 13,1 % больше, чем у молодняка контрольной группы. Количество энергии, отложившейся в продукции, максимальным было у тёлочек опытной группы – 13,08 МДж по сравнению с 11,68 МДж у контрольных животных. Использование сверхподдерживающей обменной энергии зависит от затрат, пошедших на синтез 1 МДж энергии отложения. Они составили в опытной группе 3,28 МДж, в контрольной – 3,25 МДж и были практически одинаковыми. В результате и коэффициенты продуктивного использования сверхподдерживающей обменной энергии были практически равными (30,48 и 30,78 %).

Данные о приросте живой массы и затратах питательных веществ на 1 кг прироста живой массы тёлочек представлены в таблице 5.

Таблица 5. Изменение живой массы и затраты питательных веществ рационов у тёлочек

Показатель	Группы	
	опытная	контрольная
Живая масса, кг:		
в начале опыта	212,0	212,7
в конце опыта	264,0	261,5
Валовой прирост живой массы, кг	52,0	48,8
Среднесуточный прирост живой массы, г	897	841
Затраты питательных веществ:		
Сухого вещества, кг	7,64	7,78
Обменная энергия, МДж	77,21	76,68
Сырой протеин, г	1187	1256
Концентраты, кг	2,79	2,97

Животные, получавшие с рационом ККС, обладали более высокой энергией роста. В результате валовой прирост живой массы у тёлочек опытной группы составил 52,0 кг, что на 3,2 кг больше, чем у животных контрольной группы. Соответственно и среднесуточный прирост живой массы у тёлочек опытной группы был на 56 г (6,7 %) выше, чем в контрольной группе. Затраты сухого вещества, обменной энергии, сырого протеина и концентратов на 1 кг прироста живой массы при использовании в рационе тёлочек ККС с бобами оказались на 1,8; 0,7; 5,5 и 6,1 % меньше.

В период проведения исследований себестоимость ККС составила 1,93 рубля, в то время как стоимость 1 кг комбикорма была равна 2,47 рубля. В денежном эквиваленте затраты на производство 1 кг прироста живой массы у тёлочек при использовании ККС в составе рациона составили 5,38 рубля, а при использовании комбикорма – 7,34 рубля. Следовательно, использование в рационе комбикорма, по сравнению с ККС, увеличивает стоимость 1 ц прироста живой массы у тёлочек на 196 рублей.

*Опыт на коровах.* У высокопродуктивных коров в начале лактации возникает дефицит как энергии, так и протеина, который покрывается за счет тканевых резервов. Поскольку ККС содержит достаточно высокий уровень обменной энергии и сырого протеина, решено было оценить её эффективность в рационах высокопродуктивных коров, с суточным удоем около 30 кг. Содержание обменной энергии в 1 кг сухого вещества комбикорма составило 11,95 МДж, а в ККС – 12,87 МДж. Основной рацион состоял из кукурузного и

вико-овсяного силоса. Кроме объемистых кормов животные опытной группы получали 10 кг ККС, 1 кг патоки, основные макроэлементы и премикс, а контрольной группы - 10 кг комбикорма, 10 кг патоки и мел. Состав и питательность опытного и контрольного рационов представлены в таблице 6.

*Таблица 6. Рацион кормления коров в опытный период*

Показатель	Группы	
	опытная	контрольная
Силос кукурузный, кг	19,0	19,0
Силос вико-овсяный, кг	11,9	13,6
Комбикорм, кг	-	10,0
Кормовая концентратная смесь, кг	10,0	-
Патока, кг	1,0	1,0
Мел кормовой, г	-	100
Фосфат, г	200	-
Соль, г	150	-
Премикс, г	50	-
В рационе содержится:		
Сухого вещества, кг	19,16	19,44
Обменной энергии, МДж	194,71	186,77
Сырого протеина, кг	2,96	2,92
Переваримого протеина, кг	1,91	1,83
Сырой клетчатки, кг	3,00	3,54
Сырого жира, г	0,70	0,60
БЭВ, кг	11,1	11,0
Кальция, г	152	180
Фосфора, г	97	98

Количество и питательность сухого вещества рационов были практически одинаковыми. В обеих группах содержание обменной энергии в рационе коров, получавших ККС, было максимальным и составило 194,7 МДж, что на 4,3 % больше, чем в контроле. Различия в содержании сырого протеина были незначительными. Количество сырой клетчатки в рационе коров контрольной группы было на 18 % выше, а сырого жира на 14,3 % меньше, чем в опытной группе.

Переваримость всех изученных питательных веществ рационов (табл. 7) в опытной группе, за исключением жира, была выше, чем в контроле.

*Таблица 7. Переваримость питательных веществ коровами*

Группы	Коэффициент переваримости				
	СВ	СП	СК	СЖ	БЭВ
Контрольная	63,67	62,51	46,10	75,12	72,86
Опытная	68,56	64,46	51,53	67,0	76,61

Данные по использованию энергии коровами представлены в таблице 8.

*Таблица 8. Использование энергии рационов коровами*

Показатель	Группы	
	опытная	контрольная
Обменная энергия, МДж	194,6	186,3
Энергия поддержания жизни, МДж	51,5	56,5
Энергия пошедшая на синтез продукции, МДж	143,1	129,8
Энергия молока, МДж	95,3	85,1
Энергия потери живой массы, МДж	9,8	12,1
Энергия молока, произведенная за счет рациона, МДж	85,5	73,0
Эффективность использования обменной энергии, %	59,75	56,24

Коровы опытной группы потребляли с рационом на 4,5 % больше обменной энергии, что обусловлено лучшей переваримостью питательных веществ кормов. Поскольку затраты энергии на поддержание жизни у коров контрольной группы были выше, а содержание обменной энергии в рационе меньше, то и количество обменной энергии, пошедшей на синтез продукции у них было ниже, чем в опытной группе на 9,3 %. Количество энергии, выделенное с молоком, максимальным было у коров опытной группы – 95,3 МДж, что на 10,7 % больше, чем у коров контрольной группы. В период физиологического опыта животные имели потери живой массы: в опытной группе 478 г, в контрольной – 589 г. Следовательно, молоко было получено не только за счет кормов рациона, но и за счет тканевых резервов тела. Поскольку 1 кг живой массы у коров имеет энергетическую ценность, равную 25 МДж, то сред-

несуточное снижение живой массы в опытной и контрольной группах соответствовало мобилизации 11,95 и 14,73 МДж энергии из тканей тела. Эффективность использования эндогенной энергии на молокообразование составляет 82 %. В результате за счет тканей тела в контрольной группе получено 12,07 МДж энергии молока, что соответствует удою в 4,16 кг, а в опытной группе – 9,8 МДж, или 3,3 кг молока. Рацион контрольной группы обеспечивал получение 73,0 МДж энергии молока, а в опытной – 85,5 МДж. Затраты сверхподдерживающей обменной энергии на синтез 1 МДж энергии молока, полученного за счет питательных веществ рационов, в контрольной группе составили 1,78 МДж, а в опытной – 1,68 МДж. В результате эффективность использования сверхподдерживающей обменной энергии на синтез молока, полученного за счет питательных веществ рациона, составила в контрольной группе – 56,29 %, а в опытной – 59,73 %. То есть, коровы, получавшие с рационом кормовую добавку с бобами, лучше использовали энергию рациона на производство продукции, и в частности, молока.

Данные молочной продуктивности и затрат питательных веществ представлены в таблице 9.

*Таблица 9. Молочная продуктивность и затраты питательных веществ на единицу продукции*

Показатель	Группы	
	опытная	контрольная
Среднесуточный удой натурального молока, кг	31,53	29,01
Средний процент жира в молоке	3,64	3,65
Затраты на 1 кг молока		
Сухого вещества, кг	0,61	0,67
Обменной энергии, МДж	6,17	6,44
Сырого протеина, г	94	101
Концентратов, г	317	345

Удой натурального молока в контрольной группе за период опыта был на 8 % меньше, чем в опытной при практически одинаковой его жирности. Затраты питательных веществ на 1 кг надоя натурального молока в опытной группе оказались меньше, чем в контрольной по сухому веществу на 9 %, обменной энергии – на 4,2 %, сырому протеину – на 6,9 % и в целом по концентратам – на 8,1 %.

В период проведения исследований стоимость 1 кг комбикорма составила 2,7 рубля, а ККС – 2,3 рубля. Стоимость концентратов в суточном рационе опытной группы была равна 230 рублей, а в контрольной – 270 рублей, или на 40 рублей больше. Затраты концентратов в денежном эквиваленте на 1 кг натурального молока составили в контрольной группе 9,3 рубля, а в опытной – 7,3 рубля, что на 21,5 % меньше.

### **Заключение**

Результаты проведенных исследований показали, что замена комбикорма на ККС с бобами способствует повышению продуктивности у выращиваемых тёлочек и лактирующих коров. В экономическом отношении использование кормовой концентратной смеси в рационах животных способствует снижению затрат (в денежном эквиваленте) на производство единицы продукции и тем самым повышает эффективность производства молока и прироста живой массы у выращиваемого молодняка крупного рогатого скота.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Григорьев Н.Г. и др. Рекомендации по кормлению молочных коров и молодняка крупного рогатого скота. М., 1987.
2. Григорьев Н.Г. и др. Технология применения переменных норм потребности крупного рогатого скота в сухом веществе, обменной энергии, сыром и переваримом протеине при разных уровнях продуктивности и качестве кормов (практическое методическое руководство). М., 2002.
3. Калашников и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. М., Агропромиздат, 1986: 352 с.
4. Крохина В.А. и др. Комбикорма, кормовые добавки и ЗЦМ для животных. М., Агропромиздат, 1980: 304 с.
5. Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве. М., Колос, 1976: 304 с.
6. Donnelly E. D., Anthony W. B. Relationship of tannin, dry matter digestibility and crude protein in sericed lespedeza. *crop sci*, 1969, 9, 3: 361-362.
7. Neumann R. Zu eimigen stoffkennzeichen der Fiskeby V unter den Anbaubedingungen DDR sowie deren Bedeutung für die Mahdreschneife
8. Arch Acker-Pflanzbau Bodenk 1985, 10: 651-657

## ПЕРЕВАРИМОСТЬ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ У СВИНЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В СОСТАВЕ РАЦИОНОВ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ

*С. И. Кононенко*

Северо-Кавказский НИИ животноводства

### **Введение**

Основу рационов откармливаемых свиней зачастую составляют растительные корма собственного производства с низкой энергетической и питательной ценностью.

Одним из способов повышения переваримости и усвояемости питательных веществ растительных кормов является использование в рационах ферментных препаратов, которые улучшают распадаемость в желудочно-кишечном тракте протеина, липидов, клетчатки и углеводов. Ферментативная активность пищеварительного тракта животных с возрастом повышается, однако увеличение потребления растительных кормов, являющихся основным источником углеводов и протеина, требует больших энергетических затрат организма на их усвоение, чего можно избежать путем использования мультиэнзимных композиций.

Фирма «Ново-Нордикс» разработала ряд ферментных комплексных препаратов, увеличивающих переваримость клетчатки – целлюлазы, бета-глюканазы и арабиноксилазы. Включение в рационы данных ферментных препаратов приводит к разрушению клеточных стенок кормов, что повышает переваримость клетчатки, а также уменьшает вязкость химуса.

Основной целью наших исследований являлось изучение эффективности использования некоторых ферментных препаратов в рационах свиней при выращивании и откорме. Одним из таких препаратов является «Энерджекс», представляющий собой карбогидразную смесь для гидролиза клетчатки. Он способен гидролизовать широкий спектр материалов, входящих в состав клеточных стенок растений. Благодаря высвобождению клеточного содержимого повышается доступность к использованию протеина и других питательных веществ рациона.

Ферментный препарат «Био Фид Бета» применяется для улучшения усвояемости кормов рациона, содержащего повышенное количество ячменя. Он способен расщеплять полисахариды и улучшать усвоение энергосодержащих и других питательных компонентов. Кроме этого, данный препарат со-

держит другие карбогидразные составляющие, в т.ч. целлюлозу, гидроцеллюлозу и целлюлазу. В наших исследованиях была изучена комбинация ферментных препаратов «Энерджекс» и «Био Фид Бета», а также отдельно взятый препарат «Био Фид Бета».

### **Материал и методы**

На свиноводческой ферме семеноводческой агрофирмы «Русь» Тимашевского района Краснодарского края был проведен научно-хозяйственный опыт на трех группах молодняка свиней крупной белой породы. В соответствии со схемой исследований в научно-хозяйственном опыте были проведены физиологический обменный опыт для изучения переваримости питательных веществ рационов и контрольный убой животных с целью определения мясных качеств.

Контрольная группа получала основной рацион, животным 1-й группы вводили препарат «Био Фид Бета», в рацион животных 2-й группы добавляли комплекс из ферментных препаратов «Био Фид Бета» и «Энерджекс». Ферментные препараты вводили в состав премиксов многоступенчатым способом.

Кормление животных осуществлялось дважды в сутки. Доступ к воде был свободным. Условия содержания животных сравниваемых групп были одинаковыми.

### **Результаты и обсуждение**

Повышенное содержание клетчатки в рационе поросят отрицательно сказывается на их росте. Включение в состав полноценных комбикормов ферментных препаратов способствовало, в наших опытах, увеличению живой массы к 60-дневному возрасту во 2-й группе на 17%, а в третьей – на 9%. Такая разница между этими показателями у молодняка свиней связана, прежде всего, с дозировкой ферментного препарата «Био Фид Бета». Во 2-й опытной группе препарат добавляли в количестве 400 г на тонну комбикорма, а в третьей группе – 250 г.

В период выращивания поросят с 60- до 120-дневного возраста было также установлено положительное влияние ферментных препаратов на показатели роста и развития животных. Но в этот период результат оказался другим. Наивысшие показатели были получены не в 1-й опытной группе, а во 2-й. В данном периоде лучшее действие оказала комбинация ферментных препара-

тов. Видимо, за счет лучшего гидролиза клетчатки высвобождалось большее количество энергии и улучшалась питательность рациона.

В результате использования ферментных препаратов были снижены затраты кормов на единицу продукции в 1-й опытной группе на 12%, а во 2-й опытной группе на 23% по сравнению с контролем.

На основании результатов научно-хозяйственного и физиологического опытов было установлено, что животные контрольной группы переваривали сухое вещество рациона на  $74,3 \pm 0,36\%$ , сырой протеин на  $73,0 \pm 0,72\%$ , жир на  $54,7 \pm 0,74\%$ , клетчатку на  $29,6 \pm 0,80\%$  и безазотистые экстрактивные вещества на  $82,4 \pm 0,70\%$ . У животных 1-й группы, которым в состав рациона вводили ферментный препарат «Био Фид Бета», переваримость основных питательных веществ, кроме жира, по сравнению с контролем увеличивалась соответственно: сухого вещества на 1,5%; протеина на 2,6%; клетчатки на 2,4% и безазотистых экстрактивных веществ на 3,3%. Коэффициент переваримости жира в 1-й группе был ниже, чем в контрольной группе на 1,5%.

Катализирующее действие на обменные процессы в организме животных опытных групп особенно сказалось при применении двух взаимодополняющих ферментных препаратов, благодаря чему увеличился спектр действия целлюлаз, гемицеллюлаз, бета-глюконаз и пектиназ. Так во 2-й опытной группе была определена самая высокая переваримость сухого вещества –  $76,7 \pm 0,49\%$ ; протеина –  $76,2\%$ ; клетчатки –  $32,5$  и БЭВ –  $86,1\%$ . Эти показатели были выше данных контрольной группы, соответственно на 2,4%; 3,2%; 2,9% и 3,7%. Исключение составила переваримость жира, она в контрольной группе была выше на 1,8%, чем во 2-й опытной группе. В период проведения опыта морфологические и биохимические показатели крови подопытных животных были в пределах физиологических норм.

Добавка изучаемых ферментных препаратов как в комплексе (2-я группа), так и в отдельности (1-я опытная группа) в рационы молодняка свиной позволила снизить затраты энергии организма животных на переработку корма, и на фоне показателей у аналогов из контрольной группы повысить переваримость сухого вещества на 3,2 и 2,0%, сырого протеина на 4,4 и 3,6%, клетчатки на 9,8 и 9,1% и БЭВ на 4,8 и 4,5%, при улучшении обмена азота, кальция и фосфора в организме подопытных животных.

### **Заключение**

При выращивании молодняка свиной на рационах с повышенным содержанием в них зерна ячменя рекомендуется добавлять в комбикорма комплекс ферментных препаратов в составе «Био Фид Бета» и «Энерджекс».

## **ВЛИЯНИЕ ПРЕМИКСА С ТРИЛОНОМ Б НА ОБМЕН МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СВИНЕЙ**

*А.Е. Чиков*

Северо-Кавказский НИИ животноводства

### **Введение**

Организация полноценного минерального питания позволяет повышать уровень и качество продукции животных и снижать затраты кормов на единицу продукции. Одним из способов повышения эффективности использования микроэлементов является применение хелатных соединений в рационах. Хелатные соединения в последнее время стали предметом исследования ученых в нашей стране и за рубежом. Существует ряд работ, свидетельствующих о благотворном влиянии хелатирующих веществ в рационе на усвоение макро- и микроэлементов сельскохозяйственной птицей и крупным рогатым скотом. Работ, посвященных применению хелатов в свиноводстве, на данный момент немного, и эта область является сравнительно не изученной. Хелаты по своему химическому строению представляют собой комплексные соединения, в которых органическая часть (би- или полидентатный лиганд) как бы захватывает центральный атом металла подобно клещам рака. Хелатирующие вещества путем связывания металлов предотвращают переход их в нерастворимые соединения, что повышает их всасывание в пищеварительном тракте. Одним из представителей класса хелатных соединений является двунариевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты, называемая еще трилоном Б.

Нами исследовано влияние трилона Б, введенного в рацион в составе премикса, на рост и развитие свиней, переваримость некоторых питательных веществ рациона, обмен азота, кальция, фосфора и микроэлементов (железа, меди, марганца) в организме животных.

### **Материал и методы**

Научно-хозяйственный и обменный опыты проводили на трех группах свиней крупной белой породы в возрасте 80 дней с живым весом 24 кг. Подготовительный период длился 20 дней, непосредственно опыт – 70 дней. Животные 1-й подопытной группы получали стандартный рацион, состоящий из кукурузы – 50%, ячменя – 30%, подсолнечникового шрота – 10%, кормовых дрожжей – 5%, травяной люцерновой муки – 3%, мела – 1,5%, соли – 0,5%. В 1

кг корма содержалось 1,06 к.е., 153 г сырого и 123 г переваримого протеина; аминокислот, в г: лизина – 6,83, метионина – 2,29, цистина – 3,16, триптофана – 1,68; макроэлементов, в г: кальция – 7,14, фосфора – 6,84, калия – 4,88, натрия – 2,44; микроэлементов, в мг: железа – 681,6, меди – 24,6, марганца – 46,5, цинка – 26,6, йода – 0,07 и кобальта – 0,09; витаминов, в мг: каротина – 7,43, тиамина – 2,88, рибофлавина – 5,06, никотиновой кислоты – 46,1, пантотеновой кислоты – 9,1, холина – 736, витамина Е – 36, витамина К<sub>3</sub> – 0,8 и пиридоксина – 5,04.

Животным 2-й опытной группы на 100 кг комбикорма вводили 1% премикса. Подсвинки 3-й группы получали в составе вышеприведенного премикса 138 г трилона Б, с целью связывания и усвоения металлов, содержащихся в комбикорме и премиксе.

На фоне научно-хозяйственного опыта был проведен обменный физиологический опыт, в котором определяли переваримость основных питательных веществ рациона и отложение азота и минеральных веществ в организме свиней. По результатам контрольного убоя были определены показатели мясо-сальной продуктивности свиней, содержание микроэлементов в сухом и сыром веществе крови и в депонирующих эти элементы органах.

Основным показателем влияния изучаемых факторов на продуктивность свиней являлась динамика изменения живой массы свиней подопытных групп по сравнению с контролем. Подсвинки 2-й группы при использовании в рационах кормовой смеси, обогащенной премиксом, увеличили среднесуточный прирост живой массы на 12,8%, а при добавлении хелатирующего вещества – трилона Б он возрос у животных 3-й группы до 18,8% в сравнении с контролем. В убойном выходе у животных 1-й и 2-й групп особой разницы не наблюдалось. Только при скармливании трилона Б в составе премикса убойная масса животных 3-й группы оказалась на 4,6 кг, а убойный выход на 2,1% больше, чем в 1-й группе.

При скармливании комбикорма, обогащенного премиксом, снизились затраты кормовых единиц на 5,5% и переваримого протеина на 8,8% на 1 кг прироста живой массы, а при добавлении трилона Б в составе премикса соответственно на 7,8 и 8,3% по сравнению с контролем.

Переваримость органических веществ у животных 2-й группы по сравнению с 1-й увеличилась на 1,7%, сырого протеина на 2,6%, жира на 9,7%, клетчатки на 8% и безазотистых экстрактивных веществ на 0,8%. Скармливание премикса с трилоном Б увеличило переваримость органического вещества на 3,11%, сырого протеина на 6,69%, сырого жира на 17,05%, клетчатки на

5,52% и безазотистых экстрактивных веществ на 1,5% по сравнению с контролем.

*Таблица 1. Живая масса, ее прирост и некоторые показатели контрольного убоя подопытных свиней*

Показатели	Группы		
	1-я	2-я	3-я
Живая масса в начале опыта, кг	23,9	24,0	24,0
Живая масса в конце опыта, кг	53,4	57,3	59,0
Прирост живой массы валовой, кг	29,5±1,48	33,3±1,16	35,0±1,34
td	-	2,02	2,74
Прирост живой массы среднесуточный, г	421	475	500
То же в %	100	112,8	118,8
Живая масса перед убоем, кг	54,2	57,1	58,7
Убойная масса, кг	41,23	43,19	45,90
Убойный выход, %	76,1	75,6	78,2

Лучшая переваримость питательных веществ рационов и повышение отложения в организме свиней азота, фосфора и кальция объясняет повышенную энергию роста животных 2-й и 3-й групп.

Кальций под действием комплекса биологически активных веществ, получаемых в составе премикса, откладывался больше у животных 2-й группы. У животных 3-й группы отложение кальция в теле увеличилось еще на 3,1% по сравнению со 2-й. Такая же закономерность наблюдалась и в отложении фосфора. Введение биологически активных веществ в составе премиксов в комбикорм животных 2-й группы увеличило отложение в теле подсвинков железа и меди на 8,9%, а марганца почти на 40%. У животных третьей группы накопление железа увеличилось на 15,4%, меди на 18,2% и марганца на 51,8% по сравнению с контролем.

При убое у животных всех групп отбирали пробы крови, печени, селезенки, почек, скелетных и сердечной мышц с целью определения их микроминерального состава.

По данным наших исследований введение в рацион животных 2-й группы сернокислых солей в составе премикса не вызвало существенных отклонений в содержании железа, меди и цинка в крови. Незначительно увеличилось лишь содержание марганца. У животных 3-й группы, получавших с премиксом трилон Б, концентрация вышеуказанных микроэлементов увеличилась.

*Таблица 2. Коэффициенты переваримости основных питательных веществ рационов и коэффициенты отложения макро- и микроэлементов в организме свиней*

Показатели	Группы		
	1-я	2-я	3-я
Коэффициенты переваримости, %			
Сухое вещество	80,22	81,71	83,16
Протеин	73,12	75,71	79,81
Жир	36,71	45,41	52,77
Клетчатка	33,06	41,01	38,58
БЭВ	88,69	89,47	90,19
Коэффициенты отложения в % к принятому:			
Азота	41,58	44,30	44,18
Кальция	72,07	79,33	82,48
Фосфора	41,89	48,42	51,68
Железа	26,1	34,2	41,5
Меди	58,5	67,5	76,7
Марганца	34,0	73,9	91,8

*Таблица 3. Содержание микроэлементов в крови и депонирующих органах, мг%*

Группы	Печень	Селезенка	Почки	Кровь
		Железо		
1	26,6	71,9	18,75	239,5
2	27,8	75,2	25,9	230,4
3	35,1	85,4	21,27	299,0
		Медь		
1	0,643	0,682	2,25	721,8
2	1,470	1,110	2,85	732,6
3	1,856	1,210	2,39	776,4
		Цинк		
1	13,90	7,64	7,48	329
2	13,14	9,04	10,00	312
3	17,53	9,77	6,76	330
		Марганец		
1	0,535	0,094	0,416	63,7
2	0,723	0,099	0,570	95,4
3	0,791	0,148	0,670	80,4

Накопление микроэлементов в печени, селезенке и почках у животных 2-й группы, получавшей с комбикормом премикс, повысилось по сравнению с контролем. Добавление в премикс трилона Б увеличило депонирование железа, меди, цинка и марганца у подсвинков 3-й группы только в печени и селезенке по сравнению с животными 2-й группы.

### **Заключение**

Таким образом, сходные с нашими по составу комбикорма рекомендуются обогащать комплексом биологически активных веществ в составе премиксов, что ведет к увеличению переваримости всех основных питательных веществ корма и повышению отложения в теле животных макро- и микроэлементов. В состав премикса следует вводить хелатирующее соединение трилон Б, который способствует повышению усвоения основных биологически активных веществ, микроэлементов и в конечном счете способствует росту продуктивности животных.

## **ВЫРАЩИВАНИЕ МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ НА РАЦИОНАХ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЦИНКА**

*А.Е. Чиков, С.И. Кононенко*  
Северо-Кавказский НИИ животноводства

### **Введение**

Вопрос применения микроэлементов, особенно изучение норм потребностей в микроэлементах, интересует как ученых, так и практиков-животноводов. Физиологическая роль микроэлементов в организме животных многогранна. Они являются составной частью биологически активных соединений ферментов, гормонов и витаминов. Например, цинк входит в состав карбоангидразы и карбоксипептидазы. В состав ферментной системы гликолиза входят шесть цинкосодержащих ферментов. Свиньи отличаются большей потребностью в цинке, чем другие виды животных. Недостаток цинка при избытке кальция в рационах является причиной заболевания паракератозом. Это заболевание характеризуется также снижением в сыворотке крови витамина А, снижением активности щелочной фосфатазы.

Микроэлементы в организме связаны не только между собой, но и с макроэлементами, витаминами, аминокислотами. На их усвоение влияют также неидентифицированные вещества, содержащиеся в ряде кормов. Поэтому в рационе отдельные макро- и микроэлементы, витамины и другие факторы питания должны находиться в определенном соотношении. Это положение еще раз подчеркивает важность сбалансированности по всем элементам питания. Только это условие может быть залогом высокой продуктивности животных.

Задачей наших исследований являлась разработка и апробация в рационах растущего и откармливаемого молодняка свиней минеральных добавок с разным количеством цинка и выяснение эффективности введения в рационы, обогащенные БМД, соли микроэлементов с дозами сульфата цинка 25, 50 и 100 мг/кг.

#### Материал и методы

Основной рацион для свиней всех групп состоял из зерновой смеси следующего состава (%): кукуруза – 42, ячмень – 42, отруби пшеничные – 16. В белков-витаминно-минеральную добавку были включены следующие корма: мясокостная мука – 45, подсолнечный шрот – 30, горох – 25, витамины А, Д и кормовой антибиотик – биовит-80.

Минеральная смесь состояла на 2/3 из мела и на 1/3 из поваренной соли. Соли микроэлементов вводили в минеральные смеси для свиней второй, третьей и четвертой групп (табл. 1).

Таблица 1. Состав минеральных добавок, %

Компоненты смеси	группы		
	2	3	4
Мел кормовой	66,05	65,91	65,66
Поваренная соль	33,03	32,27	32,84
Сульфат железа	0,39	0,39	0,39
Сульфат меди	0,12	0,12	0,12
Сульфат цинка	0,19	0,39	0,77
Сульфат марганца	0,12	0,12	0,12
Хлорид кобальта	0,08	0,08	0,08
Йодит калия	0,02	0,02	0,02

Из таблицы следует, что эти добавки отличались только различным количеством сульфата цинка. Сульфат железа, меди и марганца вводили в одинаковых количествах. Кобальт вводили в виде хлорида кобальта, калий – в виде йодита.

Состав и питательность комбикорма представлены в таблице 2.

*Таблица 2. Состав и питательность комбикормов*

Компоненты рациона и питательность	Период откорма		
	1-й	2-й	3-й
Смеси зерновых кормов, %	81,9	89,2	95,2
БВД, %	16,8	9,5	3,5
Смесь минеральных кормов, %	1,3	1,3	1,3
Всего	100	100	100
В одном кг комбикорма содержится:			
Сырого протеина, г	143	131	118
Переваримого протеина, г	110	99	89
Кормовых единиц, кг	1,10	1,12	1,13
Лизина, г	6,2	5,5	4,6
Метеонина с цистином, г	4,7	4,6	4,4
Триптофана, г	1,6	1,3	1,1
Кальция, г	12	8,6	5,5
Фосфора, г	7,7	6,7	5,2

### Результаты и обсуждение

О результатах изучения эффективности минеральных смесей судили по изменению среднесуточного потребления кормов и среднесуточного прироста живой массы свиней в различные периоды откорма животных (табл. 3).

Из приведенных данных следует, что для обогащения кормов микроэлементами следует использовать минеральную смесь следующего состава: кормовой мел – 65,66; поваренная соль – 32,84; сульфат железа – 0,39; сульфат меди – 0,12; сульфат цинка – 0,77; сульфат марганца – 0,08; хлорид кобальта – 0,08 и йодит калия – 0,02, так как при этом интенсивность роста молодняка повысилась на 15% и затраты корма снизились на 6,8% (табл. 4), т.е. смесь, которая испытана на животных 4-й группы.

*Таблица 3. Среднесуточное потребление кормов и прирост живой массы в сутки*

Показатели	Группы			
	1	2	3	4
Среднесуточное потребление корма	2,58	2,78	2,70	2,78
Среднесуточный прирост живой массы по периодам, г				
1 период	505±28,9	579±41,7	614±23,3	616±23,9
2 период	648±75,3	755±53,2	768±47,5	772±24,3
3 период	847±18,9	800±53,7	805±42,7	928±14,0
За весь период опыта	659±42,7	709±39,0	728±32,6	758±12,4
Тоже в %	100	107,5	110,4	115,0

*Таблица 4. Затраты кормов на кг прироста живой массы*

Затрачено кормов на 1 кг прироста живой массы по периодам	Группы			
	1	2	3	4
Первый период	4,50	4,31	3,89	3,99
Второй период	4,39	4,32	4,25	4,09
Третий период	4,41	4,66	4,36	4,21
За весь период	4,42	4,37	4,18	4,12
В % контролю	100	98,9	94,5	93,2

Данные этой таблицы показывают, что в связи с большей интенсивностью роста животных опытных групп в незначительной степени снижались затраты кормов на 1 кг прироста живой массы.

### **Заключение**

На основании выполненных исследований можно утверждать, что соли микроэлементов благоприятно сказались на величине прироста живой массы и использовании корма растущими и откармливаемыми свиньями. При этом по мере повышения насыщенности рационов цинком результаты откорма

улучшались. В целом за весь опыт по интенсивности роста корреляция оказалась достоверной только между четвертой и первой группами.

Для практического применения в хозяйствах с интенсивно развитым свиноводством можно рекомендовать минеральную смесь, апробированную на животных четвертой группы.

**Труды Всероссийского научно-исследовательского института физиологии, биохимии и питания с.-х. животных.**  
Сборник экспериментальных статей. Боровск, 2006, т.45, 236с

*Утверждено к печати Ученым советом ВНИИ физиологии, биохимии и питания с.-х. животных.*

Редактор издания	В.Д. Кальницкая
Компьютерная верстка	Л.Л. Полякова
Полиграфическое исполнение	А.В. Бочаров

Издательство ВНИИ физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных. Лицензия ИД № 03641  
Формат 60x90/16 Объем 15,0 п. л. Тираж 100 экз.

---

249013 Калужская обл., г. Боровск, ВНИИФБиП с.-х. животных  
тел. 546-34-15