

## Влияние различных источников протеина в рационе на всасывание питательных веществ в желудочно-кишечном тракте животного\*

*С.В. Лебедев, д.б.н., Г.И. Левахин, д.с.-х.н., И.З. Губайдулина, аспирантка, ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН; И.В. Маркова, к.б.н., ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ; Е.В. Шейда, к.б.н., ФГБОУ ВО Оренбургский ГУ*

На современном этапе развития и совершенствования животноводства происходит интенсификация отрасли, причём с таким расчётом, чтобы при наиболее эффективном использовании кормов получить высококачественную говядину от молодняка в возрасте 13–18 мес. [1]. Главным условием для реализации поставленных задач является создание кормовой базы, организация полноценного кормления животных за счёт обеспечения их протеином высокой биологической ценности. В то же время на фоне общей обеспеченности кормов дефицит протеина составляет 25–30%, что приводит к недополучению продукции в эквивалентном размере. В действительности накоплен большой практический материал действия аминокислот, содержащихся в кормах растительного и животного происхождения, на организм животных и птиц, но ввиду изменяющегося химического состава кормов и его аминокислотного состава необходимо проводить мониторинг эффективности использования питательных веществ из рационов с различным уровнем и качеством переваримого протеина [2]. Это становится возможным при проведении балансовых опытов с применением метода фистулирования животных [3–7].

**Целью** нашей работы было определить влияние различных источников протеина на переваримость корма в различных отделах желудочно-кишечного тракта полигастричных животных.

**Материал и методы исследования.** Исследование проводили в лаборатории биологических испытаний и экспертиз Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (ФНЦ БСТ РАН) на телятах казахской белоголовой породы со средней массой 110–120 кг. Телята содержались в специализированной клетке со свободным доступом к воде и корму. Основной рацион (ОР) был сбалансирован по базовым питательным веществам согласно детализированным нормам ВНИИМС. Рацион включал сено разнотравное (0,5 кг), смесь концентратов (2,3 кг), дикальцийфосфат (35 г), соль поваренную (35 г).

Одно животное было прооперировано по наложению ему дуоденального анастомоза по известной

методике [4]. После наступления физиологической нормы на оперированном животном были проведены два обменных опыта, каждый из которых включал подготовительный период, продолжительностью не менее 12 дней, и учётный — 3–4 дня. В течение подготовительного и учётного периодов подопытному животному скармливались одни и те же корма. В 1-й учётный период в рацион были введены корма животного происхождения (рыбная мука), во 2-й учётный период — подсолнечный шрот. К фистуле из изолированного отрезка прикрепляли с помощью специального резинового переходника шприц для сбора химуса.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order No. 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)».

В подготовительный период проводили учёт съеденного животным корма, выпитой воды и остатков корма, а в учётный — наряду с этим собирали выделенный кал и мочу, а также учитывали количество химуса и брали пробы для анализа. Средние пробы кала и мочи брали в размере 3% от выделенного и консервировали толуолом.

В каждый учётный период проводили по два — четыре опыта на вторые и четвёртые сутки. С целью характеристики особенности выделения химуса дневного и ночного периодов опыта проводились 2 раза в сутки с 08.00 и с 12.00 до 24.00. Суточное количество химуса определяли путём пересчёта количества химуса, выделенного за 8 час., умножением на 3. Учёт химуса проводили за каждые 5 мин., а пробы для анализа брали на последней пятиминутке в размере 3% от прошедшего химуса в течение 30 мин.

Из средних проб, собранных во время опыта, составлялась среднесуточная проба пропорционально полученному за 30 мин. количеству химуса. Средние пробы стерилизовались кипячением, а для улавливания выпаривающейся влаги применяли часовые стёкла, которыми покрывали стаканы с химусом. Суммарное количество основных питательных соков определяли по разности между суточным количеством химуса, проходящего через дуоденальный анастомоз, и количеством корма и воды, принятым животным за сутки.

Размер всасывания в кишечнике определяли по разности между суточным количеством химуса,

\* Работа выполняется при финансовой поддержке подпрограммы «Изучение механизмов адаптации системы пищеварения млекопитающих животных и птицы к рационам с различным ингредиентным составом кормов» в рамках государственного задания № 0761-2018-0031. Постановление Президиума РАН № 132 от 05.07.2017

проходящего через мостик, и количеством кала, выделенного за сутки. Количество и химический состав кормов, съеденных животным в течение суток при том или ином рационе, а также суточное количество и состав химуса определяют интенсивность работы пищеварительного тракта, а учёт всех перечисленных показателей иллюстрирует интенсивность обмена веществ между кровью и пищеварительным аппаратом животного организма.

В средних образцах корма, химуса и кала по общепринятой зоотехнической методике определяли содержание сухого вещества, азотистых, органических, минеральных веществ и клетчатки. Для контроля за состоянием здоровья животного велись наблюдения за температурой тела, пульсом, дыханием и состоянием аппетита.

Статистический анализ выполняли с использованием методик ANOVA (программный пакет Statistica 10.0, «StatSoft Inc.», США) и Microsoft Excel. Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на  $P < 0,05$ .

**Результаты исследования.** Как показывают данные таблицы 1, животные по периодам опытов съедали неодинаковое количество кормов. Вследствие этого наблюдается разница и в поступлении в организм питательных веществ.

1. Фактическая поедаемость кормов и потребление питательных веществ подопытными животными в суточных рационах

Корм	Учётный период			
	1-й		2-й	
	зада-но	съе-дено	зада-но	съе-дено
Силос кукурузный	14	13,51	13	7,8
Смесь концентратов, кг	2,3	2,01	2,4	2,20
Сено житняковое, кг	3,5	3,17	3,5	3,31
Соль поваренная, кг	35,0	35,0	35,0	35,0
Обесфторенный фосфат, г	35,0	50,0	50,0	50,0

По таблице 2 видно, что рацион 1-го учётного периода содержал больше сухих веществ, чем рацион 2-го периода, на 26,4%.

2. Фактическое потребление питательных веществ подопытными животными в суточных рационах, кг

Показатель	Период опыта	
	1-й	2-й
Питьевая вода и вода корма	21,68	14,75
Сухое вещество	5,12	3,77
Зола	0,45	0,27
Органические вещества	4,07	3,50
Протеин	0,09	0,54
Клетчатка	0,92	0,64
Жир	0,19	0,14
Безазотистые экстрактивные вещества	2,87	2,18

В пересчёте на 1 кг сухого вещества съеденного корма протеина приходилось во всех двух периодах – 134 и 143 г соответственно по периодам.

Согласно полученным данным, при проведении исследования уровень и характер эвакуации химуса из желудка в кишечник зависел от качества протеина.

Известно, что химус у крупного рогатого скота поступает из желудка в кишечник в виде отдельных волн-порций. Характер поступления химуса и изменение размера отдельных волн и интервалов между ними меняется в зависимости от времени приёма корма, выпитой воды, от жвачек, а также от размера и состава рациона. И.Х. Будыка установил, что наибольшее влияние на количество химуса оказывает голодание. По его данным, после 15-часового голодания животного количество химуса уменьшилось в 2,5 раза. По результатам корреляционного анализа учёный пришёл к выводу, что выделение химуса происходит ритмично с промежутками между точками подъёма и точками спада в пределах 25–40 мин.

В наших опытах зачастую очень короткие интервалы создавали картину непрерывной эвакуации химуса из желудка в кишечник, а иногда – увеличение, вплоть до прекращения выделения химуса. В среднем за 10 мин. количество химуса, проходящего в доуденальный анастомоз, в 1-й учётный период равнялось 604 мл, тогда как во 2-й учётный период – 552 мл.

Уровень пищеварительной деятельности зависит как от количества съеденных веществ, так и от качества переваримого протеина.

Данные, характеризующие эвакуаторную функцию желудочно-кишечного тракта, проиллюстрированы в таблице 3.

Количество химуса в пересчёте на 1 кг сухого вещества съеденного корма в 1-м периоде было меньше, чем во 2-м, на 8,6%. Аналогичная картина наблюдается и по количеству выделенных пищеварительных соков на 1 кг сухого вещества съеденного корма.

В среднем за время проведения опытов на 1 кг сухого вещества рациона выделилось 13,58 л пищеварительных соков. Меньшее количество наблюдалось в 1-м периоде (12,18 л), увеличение выделения пищеварительных соков отмечалось во 2-м (16,53 л). На основе вышеизложенного можно предположить, что в наших опытах с качеством протеина в рационе было выделено различное количество пищеварительных соков на 1 кг сухого вещества корма. Чем ближе аминокислотный состав протеина корма к аминокислотному составу организма животного, тем меньше напряжение для организма, меньше соков должна выделить пищеварительная железа для синтеза «своего» белка. Таким образом, более благоприятным для переваривания оказался рацион, содержащий корма животного происхождения.

3. Количество химуса и пищеварительных соков у подопытного животного по периодам, л

Показатель		Учётный период	
		1-й	2-й
количество химуса	всего за 24 часа	86,98	79,48
	без сухого вещества (СВ)	84,07	77,1
Содержание сухого вещества в рационе, кг		5,12	3,77
Количество воды, принятое с кормом и выпитое		21,63	14,75
Количество пищеварительных соков		62,39	62,35
Выделено химуса на 1 кг СВ корма		16,93	21,08
Выделено пищеварительных соков на 1 кг СВ корма		12,18	16,53

4. Химический состав химуса

Показатель		Период	
		1-й	2-й
Сухое вещество		3,35	3
От сухого вещества	органическое вещество	76,45	76,99
	протеин	31,91	22,33
	жир	3,58	6,3
	клетчатка	6,44	6,69
	БЭВ	34,52	41,67
зола		23,55	2301

В зависимости от ингредиентного состава корма количество минеральных веществ в химусе составляет от 0,75 до 0,9%. Количество азота в химусе колеблется в пределах от 0,114 до 0,236%, сухих веществ – от 3,0 до 5,5%, в том числе клетчатки около 1,0% (табл. 4). Состав химуса в указанных выше пределах меняется в зависимости от структуры рациона, соотношения питательных веществ рациона, его химического состава, а также режима кормления и других факторов.

В нашем исследовании, несмотря на различия в качестве протеина в рационах учётных периодов, каких-либо заметных отклонений в составе химуса не наблюдалось (табл. 4).

Повышение биологической полноценности протеина в рационе подопытного животного в 1-й учётный период, обусловленное добавлением кормов животного происхождения, способствовало увеличению сухих веществ в химусе до 3,35%, а протеина – до 31,91% по сравнению со 2-м учётным периодом. В то же время в 1-й учётный период в химусе животного содержалось несколько меньше клетчатки, это говорит о лучшем её переваривании.

Повышение содержания жира в химусе во 2-й учётный период связано с меньшим его содержанием в рационе. Что характерно, по содержанию органических веществ и золы в химусе животного в изучаемые периоды существенной разницы не наблюдалось.

Данные, полученные в наших опытах на животном с дуоденальным анастомозом, позволяют выяснить участие равных отделов желудочно-кишечного тракта в пищеварении и глубже вскрыть сущность процесса. Так, сухое вещество корма переваривается как в переднем отделе желудочно-кишечного тракта – до мостика двенадцатиперстной кишки, так и в заднем отделе – после мостика.

В химусе, поступившем из желудка в тонкие кишки, содержалось от 56,9 до 79,7% принятого с кормом количества сухого вещества. Следовательно, от 37% (2-й период) до 43,1% (1-й период) сухого вещества рационов переваривалось в верхнем отделе желудочно-кишечного тракта. Переваривание и всасывание сухого вещества в кишечнике составляло от 54,1 (2-й период) до 57,1 (1-й период) из количества, поступившего с химусом. Аналогичные изменения в процессе переваривания наблюдались и в отношении органического вещества рациона.

Содержание минеральных солей в химусе было больше, чем принято с кормом (от 151,3 до 202%). При этом разница между количеством золы, принятым с кормом и выделенным в химусе, возрастала при меньшем содержании золы в рационах, и наоборот, при повышении содержания минеральных солей в корме она снижалась.

Минеральные соли преимущественно всасываются в кишечнике. Из общего количества солей, прошедших с химусом, в нижнем отделе всосалось от 62,8 до 66,6%. Азотистых веществ в большинстве случаев через дуоденальный мостик проходит больше, чем было принято с кормом, но разница была не постоянна и зависела от количества протеина рациона. По-видимому, причиной повышения содержания азотистых веществ в химусе является выделение их в больших количествах с пищеварительными соками в результате синтетических процессов, протекающих в преджелудках животного. В 1-й учётный период увеличение азотистых веществ в химусе животного составляло 134,5% от принятого с кормом.

Во 2-й период опыта у животного в химусе содержалось протеина меньше, чем было принято с кормом. Это объясняется, на наш взгляд, тем, что по объёму и питательности рацион животного в этот период был меньше, и что, по-видимому, способствовало более полному перевариванию протеина в желудке.

Через дуоденальный анастомоз в течение суток поступало жира из желудка в кишечник значительно больше по сравнению с количеством его в съеденных кормах. Это увеличение во 2-й период составляло 111,3%, а в 1-й – 55,4% к принятому с кормами рациона.

Необходимо отметить, что повышение содержания жира в химусе совпадает с меньшим содержа-

нием в рационах. При высоком содержании жира в рационах в химусе его выделилось значительно меньше, чем было принято (1-й период). Если большинство питательных веществ рациона в основном переваривалось в кишечнике, то местом переваривания клетчатки явился верхний отдел желудочно-кишечного тракта. Об этом свидетельствует тот факт, что с химусом выделилось в 2, а в некоторых случаях в 4 раза меньше клетчатки, чем было принято с кормом. Безазотистых экстрактивных веществ в химусе обнаружилось во всех опытах меньше, чем было принято с кормом. Переваривание этой группы веществ происходит как в верхнем, так и в нижнем отделах желудочно-кишечного тракта. Однако эти процессы протекают при разных рационах не с одинаковой интенсивностью. Колебания переваривания питательных веществ в верхнем отделе желудочно-кишечного тракта составляли от 38,1 до 64,9%. Почти такие же колебания (30,4–62,2%) происходили при переваривании БЭВ в кишечнике.

**Выводы.** Исследование, проведённое на бычке с анастомозом двенадцатиперстной кишки, позволило установить степень переваривания и всасывания питательных веществ и зольных элементов в различных отделах желудочно-кишечного тракта. Опыты на оперированном животном дополнили результаты физиологического опыта в области изучения процессов пищеварения у животных,

обеспеченных протеином различного качества. В зависимости от состава скормливаемого рациона в пищеварительный тракт выделяются разное количество и неодинакового качества пищеварительные соки, что, по-видимому, является ответной реакцией организма на качество корма, на его диетические свойства.

### Литература

1. Левахин В.И., Косилов В.И., Салихов А.А. Эффективность промышленного скрещивания в скотоводстве // Молочное и мясное скотоводство. 2002. № 1. С. 9–11.
2. Кудашева А.В. Качество протеина – важный фактор жизнедеятельности животных / А.В. Кудашева, В.И. Левахин, Г.И. Левахин [и др.] // Вестник мясного скотоводства. 2014. № 2 (85). С. 105–111.
3. Левахин Г.И. Роль углеводов в процессе пищеварения жвачных животных / Г.И. Левахин, Г.К. Дускаев, А.С. Феррапонтова [и др.] // Вестник мясного скотоводства. 2015. № 1 (89). С. 92–95.
4. Синещёков А.Д. Процессы питания и нервная регуляция их у сельскохозяйственных животных // Тезисы докладов VIII Всесоюз. съезда физиологов, биохимиков, фармакологов. М., 1955. 736 с.
5. Будыка И.Х. Количество и состав химуса и переваривание корма у крупного рогатого скота // Труды Оренбургского сельскохозяйственного института. Т. 8. Оренбург: ОСХИ. 1958. С. 89–107.
6. Лемешевский В.О., Цай В.П. Нормы потребности молодняка крупного рогатого скота в энергии и протеине // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2012. № 1(2). С. 176–179.
7. Добоненко С.И. Влияние скормливания протеиновых добавок на продуктивность // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 85. С. 254–278. URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/01/pdf/10.pdf>.