

УДК 636.084

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОТЕИНОВОГО ПИТАНИЯ ПОЛИ- И МОНОГАСТРИЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

**В.Е. Улитко, заслуженный деятель науки РФ,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
тел.: (8422) 44-30-58, kormlen@yandex.ru
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

Ключевые слова: жвачные животные, моногастричные животные, протеин, белок, аминокислоты, амиды.

В статье освещаются проблемные вопросы оптимизации потребности в протеине поли- и моногастричных животных, обращается внимание, что при нормировании потребности в протеине жвачных животных необходимо учитывать в рационе фракционный состав протеина потребляемых кормов. Требуется, чтобы в нем содержалось 1/3-1-4 его растворимой фракции (амидов), что повышает эффективность использования его белковой фракции. При нормировании потребности в протеине моногастричных животных необходимо учитывать наличие в протеине критических аминокислот (лизин, метионин, триптофан), так как от уровня обеспеченности ими организма зависит использование всех азотистых веществ рациона, а, следовательно, уровень и качество продуктивности животных.

На долю азотистых соединений в живой природе приходится 13-15% органических веществ. Для нормального протекания всех жизненных функций животным и человеку необходимо получать азотистые органические вещества именно в этих пределах 13-15%, и 85-87% должно поступать энергии за счет жира и углеводов. В среднем считается, что содержание азотистых веществ в сыром протеине равно 16 %. Отсюда определив количество азотистых веществ, содержавшихся в корме и умножив их на коэффициент 6,25 (100 г протеина / 16 г азота = 6,25) получим количество содержавшегося в корме протеина. Фактически содержание азота в разных азотистых веществах весьма различно и колеблется от 13 до 19%. Поэтому коэффициент 6,25 не всегда пригоден. Для пшеницы, ржи, овса, ячменя - 5,93; для масличных - 5,3; для молока - 6,38.

Сырой протеин состоит из белков - высокомолекулярных азотистых соединений и амидов - низкомолекулярных соединений небелко-

вого характера. Амиды состоят из аминокислот, амидов аминокислот, содержащих азот глюкозидов, нитратов и аммиачных солей. Амиды представляют собой продукт незавершенного синтеза белка из неорганических веществ или промежуточный продукт распада белка под действием ферментов корма, бактерий. Поэтому амидами богаты корма, убранные в период энергичного роста (зеленые корма), и корма, подвергшиеся брожению (силос). В корнеплодах амидов более 50%, а в зернах от 3 до 10%. Если белок состоит на 100% из аминокислот, то амиды – на 2/3 из аминокислот, близких по физиологическому действию к белкам. Именно это дает основание характеризовать обеспечение потребностей животных в азотсодержащих соединениях не по белку, а по содержанию в кормах протеина, особенно это касается полигастрических (жвачных) животных (крупный рогатый скот, овцы, козы). Относительно моногастрических животных (свиньи, птица и лошади), белок лучше характеризует обеспеченность их потребностей в азотсодержащих соединениях.

Тем не менее, деление азотсодержащих соединений на белки и амиды нельзя признать обоснованным с аналитической точки зрения. Дело в том, что амиды вычисляют по разнице между сырым протеином и белком, то есть исходят из одинакового содержания азота в белке и амидах. В действительности это не так: содержание азота в амидах колеблется от 7 до 21%. Нет достаточного основания для выделения группы амидов и с точки зрения физиологической однозначности разных амидов в питании. Питательность амидов весьма различна - от близкой к белку (фракция аминокислот) до нулевой или очень низкой (амиды).

Все белки делятся на *простые* и *сложные*. К простым белкам относятся *альбумины* и *глобулины* - они содержатся в животных и растительных организмах.

К сложным белкам или протеидам относятся высокомолекулярные азотистые соединения, состоящие из простых белков и небелковой группы. Это – нуклеопротеиды, глюкопротеиды, фосфоропротеиды, хромопротеиды, лецитопропротеиды.

В каждом корме и теле животного встречаются разные группы белков. Общим их свойством является то, что они состоят из аминокислот.

Азотистые соединения являются ведущими среди других соединений потому, что нет ни одного физиологического отправления в растительном и животном организме, которое протекало бы без участия азота. Протеины играют ведущую каталитическую роль в организме животных и растений - гормоны, ферменты - это протеиновые соедине-

ния. В пластическом отношении - образование мяса, молока, яиц, в производстве и в защитных функциях протеинам принадлежит ведущая роль, в энергетическом отношении им также принадлежит ведущая роль - особенно когда в рационе недостаточно углеводов и жира или при избыточном поступлении протеина.

Раньше считалось, что только небольшая часть белков корма идет для синтеза белка новых тканей и замене изношенных. Остальной белок рациона расщепляется и дает энергию, минеральные вещества и другие компоненты. Теперь методом радиоактивных изотопов доказано, что прежнее представление неверно. До 2/3 принятого с кормом азота включается в состав клеточных и тканевых белков, аминокислоты которых постоянно заменяются. Белки в качестве электролитов участвуют в поддержании водно-солевого равновесия в организме, способствуют транспортировке ряда веществ. В организме с участием аминокислот образуются белковые составные части клетки, многие гормоны и иммунные тела, ферменты.

Белковая молекула – катализатор необычайной силы. Пример: чистое железо является переносчиком кислорода. Один грамм железа присоединяет с определенной быстротой и в определенное время кислород и отдает определенное количество и в определенное время углекислый газ. Если эту работу условно принять за единицу, а этот 1 г железа поместить в фермент каталазу, то его активность возрастает в 10^{10} , то есть до 10000000000 г и тогда 1 г железа выполнит такую роль, как 10000 тонн железа. Эта истина была установлена нашими учеными ещё в 1940-1941 годах. Вот почему в организме все реакции по поглощению O_2 и удалению CO_2 протекает мгновенно. Каждая белковая молекула играет различные функции и выполняет каталитическую роль. В состав белка, как уже отмечалось, входят аминокислоты в самых разнообразных последовательных сочетаниях, количествах и соотношениях. Этим и объясняется, почему каждый вид животного, растений содержит специфические белки, свойственные только им. Белок тканей животного содержит 20-25 аминокислот, а растений (кормов) - 22.

Степень преобразования растительных азотистых соединений в азотистые соединения тела животного зависит от вида животного и аминокислотного состава растений. Животные способны синтезировать некоторые аминокислоты из питательных веществ и из других аминокислот. Это очень важное свойство организма. Оно позволяет исправлять ошибки в организации кормления, то есть в обеспечении потребности животных в некоторых аминокислотах. Однако оказалось,

что есть аминокислоты, которые организм вообще не может синтезировать или если и синтезирует, то в количестве, не обеспечивающем в них потребность. Такие аминокислоты обязательно должны поступать с кормами.

Учитывая эти особенности удовлетворения аминокислотной потребности организма, Роузу (1938) предложил те аминокислоты, которые организм может сам синтезировать из других азотистых веществ, назвать «заменяемыми», а те, которые не могут синтезироваться в организме и обязательно должны поступать с кормом, - «незаменимыми». Таких незаменимых аминокислот 10: лизин, метионин, триптофан, валин, гистидин, фенилаланин, аргинин, лейцин, изолейцин, треонин. Это жизненно необходимые аминокислоты. Белки, содержащие их, считаются полноценными, а не содержащие хотя бы одной аминокислоты - неполноценными. Аминокислотный состав белка тканей организма животного характеризуется постоянством; он не изменяется в зависимости от аминокислотного состава протеина корма. Протеин корма тем полноценнее, чем ближе его аминокислотный состав к составу белка тела животного.

Но теперь установлено, что при одном и том же аминокислотном составе протеинов их биологическая полноценность неодинакова. Биологическая ценность протеина зависит больше не от количества аминокислот в его составе, а от взаимосвязи аминокислот на границе соприкосновения двух молекул, то есть от структурного расположения тех или иных аминокислот в молекуле.

Из 10 незаменимых аминокислот три - лизин, метионин, триптофан – критические, являются связывающими звеньями других аминокислот. Если эти критические аминокислоты расположены на периферии белковой молекулы, связывая собой все аминокислоты белка, то такой белок полноценен. А в тех случаях, когда критические аминокислоты располагаются в центре белковой молекулы, он менее ценен, хотя этих критических аминокислот и будет много.

Возникает вопрос: нужно ли предъявлять требования к аминокислотному составу белков кормов при кормлении жвачных (полигастричных) животных?

Установлено, что для жвачных животных наличие в корме заменимых и незаменимых аминокислот не имеет особого значения, так как у них азотистые вещества корма подвергаются в преджелудках энергичному воздействию бактерий. В результате часть белка, содержащая заменимые и незаменимые аминокислоты, разрушается с образованием

аммиака, что ухудшает белковую питательность корма. Но одновременно бактерии, используя аммиак, синтезируют почти все аминокислоты как составные части белка их тела. Бактерии и инфузории (в 1 мл рубцовой жидкости содержится до 250 млрд. бактерий и 1 млрд. инфузорий) в сычуге сами перевариваются, и таким образом их аминокислоты через стенку пищеварительного тракта поступают в кровь организма. Здесь же, в сычуге и тонком отделе кишечника, распадается до аминокислот и белок, не подвергшийся распаду в рубце. Аминокислоты переваренных бактерий белка корма поступают посредством крови в клетки тканей и органов, где из них синтезируется специфический белок, характерный для каждого вида животного.

Учитывая все это, для жвачных животных при оценке условий протеинового питания имеет значение не аминокислотный состав потребляемого корма, а учет доставки растворимых фракций протеина, которых должно быть 1/3-1/4 от общего количества протеина (Калашников А.П., 2003). Эта фракция является как бы белкосберегающим фактором. Благодаря своей растворимости амиды являются весьма доступной пищей для микроорганизмов, стимулируют их развитие и деятельность в пищеварительном канале, отвлекая этим самым их от настоящего белка и предохраняя его от разрушения до NH_3 . Белок корма в этом случае гидролизуеться в сычуге и в тонком отделе кишечника до аминокислот и в таком виде всасывается в кровь.

Эти особенности переваривания протеина корма у жвачных животных были выяснены сравнительно недавно (после 1945 г). На основании этих исследований стали включать простые аммиачные соединения в рацион жвачных животных. С помощью их можно заменить или восполнить до 30% протеина корма. Таким образом, синтетические азотистые соединения, которые можно производить химическим способом и производят в достаточном количестве, способствуют решению белковой проблемы в животноводстве. Так 1 кг мочевины, получаемой исключительно из составных частей воздуха (N , CO_2 , H), по количеству переваримого азота заменяет 2,6 кг протеина. Мочевина ($\text{CO}(\text{NH}_4)_2$) содержит 46% азота.

Нежвачные животные (свиньи, птица и лошади) не могут использовать в такой степени как жвачные простые азотистые соединения. У них они в принципе могут частично использоваться, но только на самом конечном этапе перваримости - в толстом отделе кишечника. Здесь у них имеются бактерии. Поэтому эти животные нуждаются в доставке с кормом всего комплекса незаменимых аминокислот, особенно крити-

ческих (лизин, метионин, триптофан), то есть биологическая ценность протеина для них должна быть высокой. Физиологическая роль незаменимых аминокислот специфична:

Лизин необходим: а) для синтеза гемоглобина; б) для продуцирования молока; в) для формирования костяка; г) для поддержания полового цикла. Лизин входит в состав сперматозоидов, влияет на состояние нервной системы, образование ДНК и РНК и их соотношение, влияет на развитие эмбриона. Растущий молодняк очень остро и быстро реагирует на недостаток лизина в корме.

Метионин - серосодержащая аминокислота, способствующая росту волос и тела. При его недостатке происходит ожирение печени, поражение поджелудочной железы, снижение активности сока поджелудочной железы, регулирует белковый и жировой обмен. При избыточном поступлении метионина в рационе кур-несушек в их потомстве получается больше особей женского пола.

Триптофан необходим: а) для продуцирования молока; б) для нормального функционирования органов размножения; в) для синтеза гемоглобина и активации действия витамина В₂. Недостаток - возникает атрофия семенников и яичников, катаракта глаз, огрубление волосяного покрова, снижается активность ряда ферментов пищеварительного тракта, окислительных ферментов и ряда гормонов.

Аргинин необходим: а) для сперматогенеза; б) для нормализации азотистого обмена - превращение избытка аммиака в мочевины. Аргинин обеспечивает интенсивный рост, особенно у хряков, хорошее оперение у птиц и образование меха у норок.

Гистидин необходим: а) для синтеза гемоглобина и эритроцитов; б) для поддержания устойчивости обмена веществ и интенсивности роста, особенно у свинок (в их мышцах гистидина больше, чем в мышцах хряков).

Лейцин - недостаток его обуславливает отрицательный баланс азота, интенсивность роста животных падает.

Изолейцин способствует лучшему использованию всех аминокислот. При его недостатке у животных ухудшается аппетит, наблюдается нервность, оцепенение, потеря массы.

Фенилаланин необходим: а) для синтеза гормонов - тироксина и адреналина; б) для кроветворения.

Треонин наряду с изолейцином способствует использованию всех аминокислот. При его недостатке ухудшается использование организмом азота из корма, масса тела снижается.

Валин необходим для нормального функционирования нервной системы. Недостаток его вызывает у животных нарушение координации движения, наблюдается дрожание конечностей, шаткая походка.

Впервые понятие биологическая ценность протеина было предложено английским ученым Томасом в 1809 г., когда аминокислотный состав кормов еще не определяли. Она характеризовалась тогда, да и теперь часто используется этот метод, как процентное использование животными переваримого азота корма для удовлетворения потребностей: поддержание жизни и образование продукции. С этой точки зрения установлено, что биологическая ценность растительных амидов (небелкового азота), то есть использование переваримого азота амидов не жвачными животными, гораздо ниже (у свиней 40%), чем у жвачных (60%). Коэффициент использования амидов (биологическая ценность) ниже, чем белков даже у жвачных животных. Хотя у жвачных животных микроорганизмы разрушают протеин до NH_3 и его используют. Сейчас разработан косвенный способ определения биологической ценности протеина для моногастричных животных по содержанию мочевины в сыворотке крови. Он основан на том, что биологическая ценность протеина обратно пропорциональна содержанию мочевины в сыворотке.

Протеин кормов животного происхождения (молоко, сыворотка, мясные, рыбные отходы) имеет высокую биологическую ценность (80-90%), так как в их составе содержится много незаменимых аминокислот. Высокая ценность протеина сои, гороха – 80-88%, зеленой травы – 75-80%, картофеля – 70-88%. Повысить полноценность протеина можно путем комбинации кормов. При этом недостаток в одном корме одних аминокислот компенсируется их наличием в других кормах. Так, например, белки кукурузы бедны лизином, метионином, триптофаном, аргинином, а белки сои содержат много этих аминокислот (Дозоров А.В., 2013). Хорошо дополняют друг друга белки зерен злаков и жмыхов. На этой основе построено производство комбикорма. Путем комбинирования кормов можно повысить протеиновую питательность рационов.

На использовании протеинов корма отражается не только его аминокислотный состав, но и одновременные поступления с кормом минеральных веществ, витаминов, в частности витамина B_{12} , а также форма самих протеинов корма. Так, добавка к неполноценным по аминокислотному составу протеина рационам витамина B_{12} , кобальта и других факторов ведет к повышению использования этих протеинов. Сейчас уже промышленность выпускает дефицитные аминокислоты,

которые можно добавлять в рацион птицы и свиней и этим повышать эффективность использования протеина корма, а также продуктивность животных.

Питательность протеина можно изменить химической обработкой, действием тепла и облучением, а также некоторыми приемами подготовки кормов к скармливанию. Высокая температура денатурирует белки, изменяет их физико-химические свойства и у большинства кормов понижает биологическую ценность протеина. А вот для бобовых растений (зерно) кратковременное нагревание (2,5 мин., при температуре 140-150° С) почти в два раза повышает белковую питательность. Очевидно, тепловая обработка этих кормов изменяет строение белков и разрушает антитрипсин, снижающий протеолитическое действие трипсина сока поджелудочной железы.

Помимо биологического показателя ценности протеина и белка применяют и относительные показатели их оценки, это: 1) протеиновое отношение (или белковое) к непротеиновым питательным веществам; 2) энергопротеиновое отношение. Обычно эти отношения указываются для рационов и очень редко для отдельных кормов.

Протеиновым отношением называют отношение суммы безазотистых питательных веществ (жир \times 2,25) к переваримому протеину или белку. Если в рационе содержится переваримого протеина 1,2 кг, жира 0,4 кг, БЭВ 5,4 кг, клетчатки 2,7, тогда протеиновое отношение будет равно $(0,4 \times 2,25 + 5,4 + 2,7) : 1,2 = 7,5 : 1$. Протеиновое отношение может быть узким - 1:6 (для растущего молодняка); средним - 1: от 6 до 8 (для лактирующих животных); широким - 1: свыше 8 (для животных на откорме). При определении отношения энергии к протеину находят число кДЖ переваримой или обменной энергии на 1 г или 1% сырого протеина рациона.

Избыток в рационе протеина вреден: нарушается обмен веществ, возникает ожирение животных, рождение слабого потомства, яловость и т.д. Корма, богатые протеином: жмых и шрот 30-45%; зерно бобовых 25-40%; сено бобовых 12-16%; мясокостная мука и другие мясные отходы 40-80%.

В настоящее время нормируют состав рациона по содержанию протеина в его кормах. Но исследования П.Д. Пшеничного (1976) и его школы (В.Е. Улитко, 2014) показали, что если у свиней и у жвачных лактирующих, плодоносящих и растущих в рационе содержится меньше $2/3 \dots 3/4$ белка от общей суммы протеина, то понижается биологическая ценность небелкового азота и переваримость протеина вообще.

Влияние белка на рост организма очень велико. Давно подмечена связь между содержанием белка в молоке и ростом сосунов:

Вид животных	Масса во взрослом состоянии, кг	Масса при рождении, кг	Срок удвоенной живой массы после рождения, дней	Содержание белка в молоке, %
Кобылица	600	40	60	1,3
Корова	500	35	47	3,5
Коза	50	31	20	5,0
Овца	50	3	12	5,6
Свинья	120	1	8	7,5
Кролик	2	50 г	6	15,5

Молодняк крупного рогатого скота потребляет в первые месяцы жизни на 1 кг живой массы в 2-4 раза больше переваримого протеина, чем в 1,5 летнем возрасте. На 1 ЭКЕ в период его роста требуется до 140 г переваримого протеина, а животному, закончившему рост, уже только - 70-80 г. В первые месяцы жизни молодняк всех видов животных требует для нормального роста полноценный белок, с возрастом жвачные животные менее зависимы от доставки полноценного белка.

Белок играет важную роль в питании лактирующих животных. При недостатке в общей сумме протеина белка снижается уровень молочной продуктивности и содержание жира в молоке, животное худеет или как бы сдаивается. Белки молока синтезируются из аминокислот крови. Для образования белка молока нужно давать в 1,4-1,6 раза больше белка корма, чем выделяется в молоке, поскольку он используется на 60-70%. Если в одном литре молока белка содержится 35 г, то с кормом его надо дать 50 г. На образование 1 кг молока у разных животных расход белка составляет: овца - 85 г, свинья - 94 г, лошадь - 85 г. В период интенсивной молокоотдачи на 1 ЭКЕ рациона коровам дают 90-105 г белка, под конец лактации 70-80 г. Чем больше продуктивность, тем больше требуется протеина.

Для лактирующих животных с однокамерным желудком (свинья, кобыла) необходимо контролировать биологическую полноценность протеина, особенно по критическим аминокислотам. Животным

на откорме белок нужен в меньших размерах, чем растущему молодняку. Успешный откорм взрослых можно проводить на рационах с содержанием 55-65 г переваримого протеина на 1 ЭКЕ. Меньше давать нельзя, так как снижается переваримость питательных веществ рациона. Откормочному молодняку необходимо давать как минимум 75-85 г для крупного рогатого скота и до 100 г на 1 ЭКЕ для свиней. От уровня протеинового питания в значительной степени зависит состав прироста откармливаемого животного. С повышенным содержанием белка в рационах понижается содержание жира в приросте, уменьшается расход кормов. Недостаток протеина в рационе снижает продуктивность животных, ухудшает воспроизводство, ведет к не экономному расходу кормов, в результате увеличивается себестоимость продукции.

Заключение. Для оптимизации протеиновой потребности полигастрических (жвачных) животных необходимо учитывать в общем количестве нормируемого протеина соотношение нерастворимой и растворимой его фракции. Растворимой фракции протеинов (амидов) должно быть в пределах 1/3-1/4 от общего количества протеина, что обусловит более эффективное использование нерастворимой (белковой) фракции протеина.

Для оптимизации потребности в протеине моногастрических животных (свиньи, птицы и лошади) необходимо контролировать их рационы по содержанию незаменимых аминокислот и особенно критических (лизин, метионин, триптофан), так как от уровня обеспеченности в них потребности организма зависит степень использования всех азотистых веществ рациона, а следовательно уровень и качество продуктивности животных.

Библиографический список:

1. Калашников А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие / А.П. Калашников. – КолосС- М., 2003. – 465 с.
2. Дозоров А.В., Гаранин М.Н. Динамика азота и продуктивность зерновых бобовых культур // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2013. - № 1 (21). - С. 4-9.
3. Пшеничный П.Д. Трансформация кормового протеина и теплопродукция у сельскохозяйственных животных в онтогенезе. – в кн.: «Закономерности индивидуального развития сельскохозяйственных животных» - М.: Наука. – 1964. – С. 78.
4. Улитко В.Е. Инновационные подходы в решении проблемных вопросов в кормлении сельскохозяйственных животных / Улитко В.Е. //Вестник Улья-

новской государственной сельскохозяйственной академии. - 2014. - № 4 (28). - С. 136-147.

5. Улитко В.Е. Проблемы новых типов кормления коров и пути их решения / Улитко В.Е. //Зоотехния. - 2014. - № 8. - С. 2-5.

ON THE ISSUE OF OPTIMIZING PROTEIN NUTRITION POLY- AND MONOGASTRIC ANIMALS

Ulitko V. E.

Keywords: *ruminants, monogastric animals, protein, protein, amino acids, amides.*

The article highlights the problematic issues of optimizing the protein needs of poly - and monogastric animals, and draws attention to the fact that when rationing the protein needs of ruminants, it is necessary to take into account the fractional protein composition of the feed consumed in the diet. It is required to contain 1/3-1/4 of its soluble fraction (amides), which increases the efficiency of using its protein fraction. When rationing the protein requirements of monogastric animals, it is necessary to take into account the presence of critical amino acids in the protein (lysine, methionine, tryptophan, since the level of supply of the body depends on the use of all nitrogenous substances in the diet, and, consequently, the level and quality of productivity of animals.