Термины, используемые в кормопроизводстве

Статья предоставлена компанией «КВС РУС». Перевод Ильи Высоцкого

Уттам САХА, координатор программы
Лаборатория кормов и природных вод
Летиция СОНОН, координатор программы
Лаборатория почв, растений и вод
Деннис ХЭНКОК, специалист по составлению рационов
Университет Джорджии
Николас ХИЛЛ, профессор, специалист по растениеводству и почвоведению
Лоутон СТЮАРТ, ведущий специалист по крупному рогатому скоту
Гэри ХОЙСНЕР, профессор, ведущий специалист по коневодству
Дэвид Э. КИССЕЛЬ, профессор, директор
Лаборатория сельского хозяйства и окружающей среды
Университет Джорджии
Колледж сельского хозяйства и наук об окружающей среде
Колледж изучения семьи и потребительского рынка

Защищенный протеин (bypass protein)

Это часть поступающего с кормом протеина, обладающего низкой скоростью расщепления в рубце. Такой протеин дают животным для того, чтобы он не переваривался в рубце и попадал в неизменном виде в нижележащие отделы желудочно-кишечного тракта. Там он всасывается напрямую в тонком кишечнике, как у моногастричных. Таким образом обеспечивается баланс аминокислот, на которые не воздействует микробное расщепление и синтез. Защищенный протеин также называют неперевариваемым в рубце усвояемым протеином (IUP/НУП) и нераспадаемым в рубце протеином (RUP/НРП).

Углеводы

Углеводы — это биохимические соединения, состоящие только из углерода, водорода и кислорода. Они являются основным источником энергии для животных. Организм получает бóльшую часть необходимой ему энергии из углеводов, содержащихся в кормах. Углеводы представляют собой полимеры, образованные из моносахаридов — глюкозы (основной моносахарид), фруктозы, галактозы и др.

Две основные группы углеводов растительного происхождения — это структурные и неструктурные углеводы. К неструктурным относят сахара, крахмал и пектин — полисахариды, которые способствуют накоплению энергии или служат источником быстрой энергии. Структурные углеводы не используются для накопления энергии, но образуют структуру растительной клетки, участвуя также в транспорте жидкости. К таким углеводам относят целлюлозу и гемицеллюлозу. Неструктурные углеводы более доступны для энергетического обмена, чем структурные.

***Примечание переводчика**. Важно помнить, что неструктурные углеводы выполняют еще и пребиотическую функцию, то есть способны стимулировать размножение полезной микрофлоры в ЖКТ и угнетать рост нежелательных или патогенных микроорганизмов. К важнейшим неструктурным углеводам, обладающим пребиотическими свойствами, относятся маннаноолигосахариды, из которых состоят стенки дрожжевых клеток, и фруктоолигосахариды (по их содержанию зерно ржи занимает лидирующую позицию среди зерновой группы).*

Целлюлоза

Целлюлоза является основным структурным углеводом, содержащимся в клеточных стенках растений. Целлюлоза — это неразветвленная цепь из 7–15 тыс. молекул глюкозы, соединенных между собой β-1,4-гликозидными связями. Бóльшая часть структурных углеводов грубых кормов представлена именно целлюлозой, которая может быть частично переварена микроорганизмами рубца. При использовании метода разделения углеводов по Ван Соесту содержание целлюлозы рассчитывают по следующей формуле:

$$\text{Целлюлоза} = \text{КДК} - (\text{КДЛ} + \text{зола}),$$

где КДК — кислотно-детергентная клетчатка; КДЛ — кислотно-детергентный лигнин.

Концентраты

Концентраты — это группа кормовых ингредиентов, которые содержат энергию или протеин в высоких концентра-

циях, но бедны клетчаткой (например, зерно кукурузы, соевый шрот, зерно пшеницы, меласса и т. д.).

Сырой жир

Сырой жир — это общее количество жиров в кормах, оцениваемое по распространенной ранее методологии зоотехнического анализа кормов. Сегодня используется метод эфирного экстрагирования. К сырому жиру относят истинные жиры (триглицериды), а также спирты, воски, терпены, стероиды, пигменты, эфир, альдегиды и другие липиды.

Сырая клетчатка (CF/СК)

Представляет собой устаревший нутриент, для определения которого использовались приблизительные методы анализа с целью разделить структурные углеводы на переваримую и непереваримую фракции. При данном подходе методология довольно проста: чем выше содержание сырой клетчатки, тем ниже концентрация общей энергии ингредиента (поскольку сырая клетчатка считалась абсолютно непереваримой). Наряду с экстракцией образца кислотами и щелочами измерение уровня сырой клетчатки было раньше основным способом определения переваримости различных ингредиентов корма. Определение концентрации сырой клетчатки в образцах основывается на методиках Henneberg and Sttohmann (1860). Такой метод часто называют зоотехническим анализом кормов по системе Веенде.

Экстрагирование сырой клетчатки пытались использовать в качестве метода определения переваримости объемистых кормов, но обнаружили, что рубцовые микроорганизмы могут расщеплять некоторые фракции сырой клетчатки. В ее состав входят целлюлоза и частично лигнин. Зола в определение сырой клетчатки не входит. Таким образом, качественный состав сырой клетчатки не является определяющим показателем ее переваримости в рубце жвачных животных, поэтому при составлении рационов значимость этого параметра снижается.

Необходимо также учитывать, что несмотря на то, что CF уже не служит основным параметром определения питательности кормов, она по-прежнему остается важным фактором, определяющим качество зерна (это обусловлено низким содержанием в нем лигнина). Следовательно, данный параметр больше применим для определения питательности корма для моногастричных животных (свиней и лошадей). Сырая клетчатка также все еще используется в качестве показателя содержания клетчатки в зерне и в полнорационном комбикорме.

Сырой протеин (CP/СП)

Протеины — органические соединения, состоящие из аминокислот. Они выполняют роль основных строительных элементов органов, тканей, мышц, волос, кожи, молока, а также входят в состав ферментов. Ежедневное поступление протеинов в организм необходимо для поддержания жизнедеятельности, обеспечения продуктивности, роста и функционирования репродуктивной системы животных.

Содержание СП в образце корма позволяет определить общую концентрацию азота (N) в рационе. В состав сырого протеина входит собственно сам белок, а также амиды — небелковые азотистые соединения (мочевина и аммиак, содержащиеся в корме, причем нитраты не входят в состав небелкового азота). Так как азот является неотъемлемой частью всех аминокислот, микроорганизмы рубца тоже могут использовать небелковый азот для синтеза протеина.

В ходе лабораторных исследований в образце корма в первую очередь определяют общее содержание азота, а затем рассчитывают общее содержание протеина по формуле (количество общего азота умножить на определенный коэффициент). Для объемистых кормов такой коэффициент равен 6,25. Это обусловлено тем, что протеин листьев и стебля обычно содержит 16% азота (1 часть азота на 6,25 частей протеина). Для зерна применяют другие коэффициенты (например, 5,7 — для пшеницы, 5,9 — для остальных злаковых культур). Если не отмечено иное, то содержание протеина, указанное в лабораторных отчетах, таблицах питательности корма и на упаковках корма, эквивалентно содержанию именно сырого протеина.

Поскольку в объемистых кормах и зерне недостаточно протеина для обеспечения потребности в нем животных определенного вида, в рацион вводят протеиносодержащие ингредиенты. Таким образом, очень важно проводить анализ корма на содержание общего, или сырого, протеина.

В кормах для жвачных животных качество сырого протеина также можно определить по скорости его распада в рубце. Чем выше скорость распада, тем ниже качество корма, и наоборот.

Вне всяких сомнений, СП — важный показатель содержания протеина в объемистых кормах, а подсчет небелкового азота необходим для оценки их пищевой ценности. Тем не менее было бы неверно воспринимать протеин как наиболее лимитирующий нутриент рациона, а содержание СП — как основной способ оценки качества объемистых кормов.

Практика показывает, что при составлении рационов на основе объемистых кормов ограничивающим фактором чаще всего служит их энергетическая питательность. Чрезмерное внимание к показателю «сырой протеин» может стать причиной составления дефицитного по энергии рациона. Кроме того, показатель «сырой протеин» отражает содержание только азота (N × 6,25 = СП). Поэтому необходимо учитывать возраст растения, его вид, количество внесенных удобрений и множество других параметров. Например, вследствие высокой концентрации азота в объемистых кормах искусственно завышается показатель «сырой протеин» в рационе.

***Примечание переводчика**. Необходимо понимать, что указанные в различных справочниках и методических пособиях данные по содержанию сырого протеина являются усредненными и могут сильно варьировать в зависимости от большого количества факторов (качество почв, на которых было выращено зерно или зеленая масса, количество удобрений, климатические условия, методы заготовки корма и т. д.). Поэтому при составлении рационов необходимо иметь актуальный зоотехнический анализ именно того сырья, которое вы собираетесь использовать в данный момент. Например, содержание протеина в зерне гибридной ржи может варьировать от 8,5% при выращивании на бедных почвах до 11,5% при возделывании на черноземах или при достаточном количестве азотных удобрений.*

Распадаемый, или усвояемый, протеин (RDP/РУП)

Распадаемый, или усвояемый, протеин (то же, что и распадаемый в рубце протеин) — это та часть сырого протеина, которая может быть ферментирована микрофлорой рубца с образованием

аммиака и аминокислот. Эта фракция СП состоит из небелкового азота (например, мочевины и аммиака в обработанном силосе) и истинных протеинов, обладающих высокой растворимостью и расщепляемых рубцовой микрофлорой со средней скоростью. Микроорганизмы рубца используют эту фракцию протеинов для синтеза белка собственных клеток. РУП обычно выражается в процентах от СП и рассчитывается по формуле: РУП = небелковый азот + растворимый истинный протеин + истинный протеин средней растворимости.

***Примечание переводчика**. При составлении рационов для жвачных необходимо также учитывать баланс распадаемого протеина и легкодоступных углеводов (моно- и дисахаридов), поскольку избыток распадаемого протеина может стать причиной нехватки энергии для усвоения всего его количества микроорганизмами рубца. В этом случае не усвоенные микрофлорой продукты распада (аммиак и мочевина) будут всасываться слизистой рубца. Вместо того, чтобы получать энергию, животное будет ее расходовать на выведение из организма продуктов распада.*

В злаковом силосе, особенно в силосе, приготовленном из ржи раннего укоса, наблюдается практически идеальное соотношение между содержанием распадаемого в рубце протеина и концентрацией легких сахаров (оптимальное значение — 20–25).

Анализ детергентной (растворимой) клетчатки

Так как показатель «сырая клетчатка» (СК) принято считать недостаточно точным в плане оценки питательной ценности корма, в настоящее время его редко применяют при анализе рациона жвачных. Большинство лабораторий сегодня вместо метода общего зоотехнического анализа кормов (определение содержания СК) проводят анализ по методу Ван Соеста. Эта методика (предложена в 1963 г.) подразумевает использование детергентных растворов для разделения переваримой и непереваримой фракций клетчатки в пробе корма. В основе идеи системы детергентного анализа лежит концепция, заключающаяся в том, что клетки растений состоят из трудноперевариваемого вещества — клеточных стенок, образованных гемицеллюлозой, целлюлозой и лигнином, и легкоперевариваемого клеточного содержимого — крахмала и сахаров. Эти два компонента разделяются при использовании двух различных детергентов:

- нейтрально-детергентного раствора лаурилсульфата натрия $C_{12}H_{25}SO_4Na$ в двунатриевом этилендиаминтетрацетате $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$ и тетраборате натрия ($Na_2B_4O_7$) при pH 7 (*Ван Соест*, 1963);
- кислотно-детергентный раствор цетилтриметиламмонийбромида ($C_{19}H_{42}BrN$) в 1 н. растворе серной кислоты (*Ван Соест*, 1963; *Ван Соест и Вайн*, 1967).

В ходе анализа образец корма подвергают кипячению в растворе нейтрального детергента для фракционирования сырой клетчатки, то есть для отделения растворимой фракции (содержимое клеток) от нерастворимой (клеточные стенки). Содержимое клеток (сахара, крахмалы, пектины и другие растворимые углеводы, протеины, небелковые азотистые соединения, липиды, водорастворимые минералы, витамины и т. д.) характеризуются высокой переваримостью (до 98%). Получившийся осадок взвешивают для определения массы нейтрально-детергентной клетчатки (NDF/НДК).

Следующий этап — кипячение выделенного осадка в кислотно-детергентном растворе. При этом гемицеллюлоза растворяется, а лигнин и целлюлоза остаются в нерастворенном виде. Осадок, образовавшийся при кипячении НДК в кислотно-детергентном растворе, называют кислотно-детергентной клетчаткой (ADF/КДК). Из нее удаляют целлюлозу (растворяют в серной кислоте), после чего в осадке остаются только лигнин и нерастворимая в кислоте зола. Затем остаток сжигают в тигле и вычисляют разницу в весе образца до сжигания и после него. Такой метод позволяет подсчитать содержание лигнина в пробе.

Таким образом,

- NDF/НДК = гемицеллюлоза + целлюлоза + лигнин + зола;
- ADF/КДК = целлюлоза + лигнин + зола.

В организме моногастричных животных гемицеллюлоза, целлюлоза и лигнин не перевариваются. В то же время жвачные частично усваивают гемицеллюлозу и целлюлозу. НДК является хорошим показателем общего качества клетчатки, и по ее содержанию можно рассчитать поедаемость корма. Уровень КДК, напротив, служит параметром, позволяющим корректировать рацион по энергии.

Детергентный анализ клетчатки сегодня широко применяют для оценки питательности объемистых кормов. Однако многие лаборатории работают по методике общего зоотехнического анализа. Тем не менее показатели, полученные этим и другим способом, используются в большинстве лабораторий мира, включая Лабораторию кормов и природных вод Университета Джорджии.

***Примечание переводчика**. Кроме общего содержания НДК, очень важно учитывать степень ее переваримости, которая может варьировать в очень широком диапазоне: от 45–50% (в сенаже из бобовых или в объемистых кормах, заготовленных с нарушением технологии) до 80% (в силосе из злаковых, в частности в силосе из ржи раннего укоса).*

Переваримость

Переваримость — это показатель количества корма, усвоившегося в организме животного при прохождении через желудочно-кишечный тракт. Усвояемость может колебаться в зависимости от типа корма и вида животного.

Переваримое сухое вещество (ПСВ/DDM), или переваримость сухого вещества

Переваримость сухого вещества — это соотношение между количеством сухого вещества корма, усвоившегося в организме животного, и общим количеством потребленного сухого вещества корма. Методов, позволяющих напрямую рассчитать ПСВ, не существует. Уровень переваримости можно определить в лабораторных (*in vitro*) и естественных (*in situ*) условиях. Оба метода весьма дорогостоящие и трудоемкие. Для оценки переваримости *in vitro* часто используется NIR-спектроскопия, а также применяется метод расчета по содержанию кислотно-детергентной клетчатки (КДК/ADF). ПСВ вычисляют по формуле: ПСВ = 88,9 – (0,779 × КДК в СВ). Результат получают в процентах.

***Примечание переводчика**. Как видно из формулы, переваримость сухого вещества обратно пропорциональна содержанию КДК в корме. Чем оно выше, тем менее переваримым будет сухое вещество по разнице содержания КДК в злаковых и бобовых кормах.* ЖР