Оценка структурности рационов

Олег ГАНУЩЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук
ВГАВМ

DOI: 10.25701/ZZR.2019.72.28.006

Методы оценки структурности рационов постоянно совершенствуются. До 70-х гг. XX в. структурной считали только длинноволокнистую (так называемую длинную) клетчатку, содержащуюся в основных травянистых кормах – сене, соломе, сенаже, силосе и травах. Позже в Германии был разработан усовершенствованный способ оценки кормов по структурному коэффициенту (СК), согласно которому каждому виду корма присваивается свой коэффициент.

Например, структурный коэффициент сена составляет 1 (это означает, что вся содержащаяся в нем сырая клетчатка является структурной), силоса — 0,7–0,8, концентратов — 0 (**табл. 1**).

Из таблицы видно, что величина структурного коэффициента травяного корма зависит от его вида, влажности и концентрации сырой клетчатки в сухом веществе. Структурную ценность рациона определяют путем несложных расчетов: общее количество структурной сырой клетчатки, содержащейся в корме каждого вида (с учетом суточной нормы), умножают на соответствующий структурный коэффициент и суммируют полученные значения.

Для обеспечения оптимальной жвачки (7–9 часов в день) и ферментации в рубце корова должна потреблять около 400 г структурной сырой клетчатки (сСК) на 100 кг живой массы независимо от времени года, суточного удоя или стадии лактации.

Впоследствии в Германии был разработан еще один, более совершенный способ оценки рационов по соответствующему структурному показателю (*SW*), то есть конкретный вид корма сравнивали с сеном по такому параметру, как длительность пережевывания в пересчете на 1 кг СВ (количество сырой клетчатки выражают в граммах на 1 кг СВ).

Таблица 1

Структурные коэффициенты различных кормов

Вид корма	Структурный коэффициент
Солома (40–45% СК в СВ)	1,2
Сено (30–40% СК в СВ)	1
Силос из цельных растений зерновых культур, зерносенаж	0,9–0,7
Провяленный травяной силос (сенаж), СВ, %:	
> 50	1
50–35	0,9–0,8
35–25	0,7–0,6
Кукурузный силос, СВ, %:	
> 30	0,7–0,8
30–25	0,6
Силосованная пивная дробина и свекольный жом	0,2
Силос из кукурузы с початками	0,25
Сухие концентрированные корма	0

Структурный показатель корма вычисляют по формулам:

$$SW^{*}_{\text{провяленного травяного силоса и сенажа из люцерны}} = (0{,}0125 \times \text{сырая клетчатка}) - 0{,}2;$$

$$SW_{\text{сена}} = [(0{,}0125 \times \text{сырая клетчатка}) - 0{,}2] \times 1{,}06;$$

$$SW^{**}_{\text{кукурузного силоса, силоса из цельных растений злаковых культур}} = (0{,}009 \times \text{сырая клетчатка}) - 0{,}1;$$

$$SW_{\text{концентратов}} = 0{,}321 + (0{,}00098 \times \text{сырая клетчатка}) + (0{,}00025 \times \text{стабильный крахмал}) - 0{,}000112 \times [\text{сахар} + a \times (\text{крахмал} - \text{стабильный крахмал})],$$

где $a = 0{,}9 - (1{,}3 \times \text{стабильный крахмал})$. Все показатели углеводной питательности корма (количество сырой клетчатки, сахара, крахмала и стабильного крахмала) выражают в граммах на 1 кг СВ.

Среднее значение *SW* зеленого корма рассчитывают в соответствии с сезоном года: весной *SW* составляет 1,8, осенью — 2,6. Можно применять формулу в модификации Брабандера и др. (1999):

$$SW_{\text{весной}} = (-0{,}2 + 0{,}0125 \times \text{сырая клетчатка}) \times 0{,}7;$$

$$SW_{\text{осенью}} = (-0{,}2 + 0{,}0125 \times \text{сырая клетчатка}) \times 0{,}9;$$

$$SW_{\text{в целом}} = (-0{,}20 + 0{,}0125 \times \text{сырая клетчатка}) \times 0{,}8.$$

Величина структурного показателя объемистых травяных кормов колеблется между 4,3 (солома) и 1,6 (качественный кукурузный силос). Корнеклубне-

* При размерах частиц кормов менее 20 мм выполняют соответствующую корректировку этого показателя, при длине резки более 20 мм корректировку не производят.

** При длине резки 6 мм (оптимальный размер для максимального потребления этого корма) корректировку показателя *SW* не производят; при длине резки менее 6 мм показатель *SW* снижают на 2% при уменьшении длины частиц на 1 мм, при длине резки более 6 мм показатель *SW* повышают на 2% при увеличении длины частиц на 1 мм.

Таблица 2

Углеводная питательность и структурная ценность компонентов рациона* в пересчете на 1 кг СВ (DLG-Information, 2001)

Показатель	Вторая фаза сухостойного периода	Раздой (первая фаза лактации)		Продуктивность во вторую и в третью фазы периода лактации	
Продуктивность стада, кг/гол.	—	10000	8000	10000	8000
Содержание, г в 1 кг СВ:					
сахара́ (максимальное значение)	75	75	75	75	75
доступные в рубце углеводы:					
минимальное значение	100	150	125	75	75
максимальное значение	200	250	250	225	200

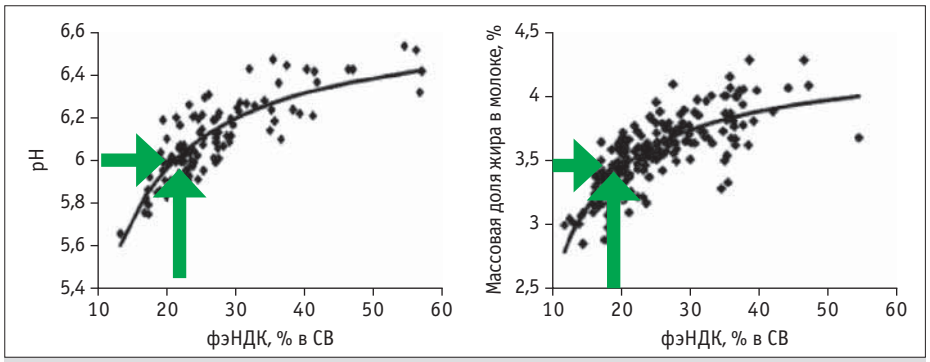
** Доступные в рубце углеводы рассчитывают по формуле: сахар + крахмал — стабильный крахмал.*

Таблица 3

Концентрация эНДК в полнорационной кормосмеси для лактирующих коров (NRC, 2001), % в СВ

эНДК в объемистых кормах (минимальное количество)	НДК рациона	БЭВ* (максимальное количество)
19	25	44
18	27	42
17	29	40
16	31	38
15	33	36

** БЭВ рассчитывают по формуле: 100 — (НДК + СП + СЖ + СЗ).*



Влияние концентрации фэНДК в рационах для коров на pH рубца и жирность молока

плоды с высокой концентрацией энергии в сухом веществе при небольшом уровне сырой клетчатки характеризуются более низкими показателями *SW* (например, *SW* картофеля — 0,7). Структурные показатели концентрированных кормов ничтожно малы либо вовсе отсутствуют.

В таблицах питательности кормов, разработанных специалистами из Германии, представлены структурные показатели для каждого вида корма с учетом его фактической влажности и степени измельчения.

Показатели углеводной питательности и структурности общесмешанных рационов (ОСР) для коров различной продуктивности и разного физиологического состояния отражены в **таблице 2**.

Практический опыт фермеров из Германии показывает, что анализ кормов и нормирование рационов по сырой клетчатке в сочетании с расчетом структурного показателя позволяют получать 6–8 тыс. кг молока в год. Сырая клетчатка — вполне приемлемый критерий оценки клетчатки, содержащейся в зерне, так как в нем очень мало лигнина. В некоторых хозяйствах этот метод используют при расчетах рационов для жвачных или моногастричных животных (например, для лошадей и свиней). Однако для достижения годовых удоев свыше 8 тыс. кг необходимо применять модифицированную схему зоотехнического анализа кормов (определение уровня НДК и КДК по методу Ван Соеста).

Американские ученые первыми в мире разработали усовершенствованную схему химического анализа кормов (определение концентрации НДК, КДК и КДЛ) и ввели термин «переваримая нейтрально-детергентная клетчатка» (пНДК) — фракция нейтрально-детергентной клетчатки, переваривающаяся в течение 48 часов *in vitro*. Показатель выражается в процентах.

Для характеристики важнейших структурных параметров кормов (рационов), влияющих на скорость и эффективность их переваривания в рубце, а также на состояние здоровья коров и жирность молока, применяют термины «эффективная НДК» (эНДК) и «физически эффективная НДК» (фэНДК).

Показатель эНДК — это общее количество НДК в рационе, поступающей с объемистыми травяными кормами для поддержания содержания жира в молоке на высоком уровне (*Астахова Д.П.*, 2014).

Показатель фэНДК — это НДК отдельных видов кормов (грубых, сочных и концентрированных) и полнорационных кормосмесей с учетом размера частиц, от величины которых зависят активность жвачки и pH рубца. Если в СВ кормосмеси общий объем НДК составляет 25 и 32%, то доля эНДК должна составлять около 75 и 50% соответственно (**табл. 3**).

Нельзя скармливать рационы, содержащие менее 15% эНДК и 25% НДК, а также более 44% БЭВ.

В 1997 г. американский ученый Д.Р. Мертенс предложил оценивать физически эффективный фактор (ФЭФ) кормов (с учетом степени измельчения) по их влиянию на активность жвачки. Было установлено, что среднее время жевания неизмельченного сена из злаковых трав натуральной длины составляет 150 минут на 1 кг НДК (коэффициент ФЭФ неизмельченного сена — 1, мелкоизмельченного сена и соломы — 0,7–0,85, силоса из трав крупной резки, кукурузного силоса с размером частиц 1,2–4 см, крупноизмельченного люцернового сенажа — 0,9–0,95). Этот показатель выбрали в качестве стандартной единицы — коэффициента эффективности жевания — при расчете фэНДК.

При оценке фэНДК используют химический способ (определяют содержание НДК), а величину частиц измеряют путем рассева корма на обычных ситах.

Показатель фэНДК рассчитывают по формуле:

$$\text{фэНДК} = \text{ФЭФ} \times \text{НДК}.$$

Д.Р. Мертенс доказал, что скармливание рационов, содержащих 22% фэНДК в СВ, позволяет поддерживать pH рубца на уровне 6, а потребление кормосмесей, где концентрация фэНДК достигает 20%,

Пенсильванское четырехъярусное (четырехуровневое) сито

Таблица 4

Размер частиц кормов и ПСР при просеивании на четырехъярусном (четырехуровневом) сите (*Heinrichs A.J. et al.*, 2005)

Сито	Размер задерживающихся частиц, мм	Доля частиц корма, %		
		Кукурузный силос	Сенаж люцерновый	Полносмешанный рацион*
Верхнее	> 19	5	15	5
Среднее	8–19	55	60	40
Нижнее	1,18–8	40	30	40
Поддон	< 1,18	< 5	< 5	< 20

** фэНДК — НДК в частицах длиной более 1,18 мм.*

Таблица 5

Размер частиц корма в рационах для коров (*Хоффман М.*, 2008)

Размер задерживающихся частиц, мм	Физиологическая группа коров		
	Дойные	Сухостойные	
		4–6 недель до отела	3 недели до отела
> 19	5–10	> 20	10–15
8–19	30–50	< 50	< 50
1,18–8	30–50	< 40	< 40

Таблица 6

Содержание углеводов в рационах для коров голштинской породы (NRC, 2001)

Нормируемые углеводы, % в СВ рациона	Период					
	сухостойный		лактации			
	Первая фаза (39 дней)	Вторая фаза (21 день до отела)	Первые 2–3 недели (новотельный)	22–100 дней (раздой)	101–200 дней (середина лактации)	201–305 дней (окончание лактации)
Крахмал + сахар – – стабильный крахмал	—	15–25	26–28	21–28	18–23	17–19
Крахмал + сахар	—	19–28	30–35	28–35	25–30	23–25
Сахар	3	4	6	7	7	6
Стабильный крахмал	—	3,5	7	5–6	3	2
НДК	40–45	35–40	28–32	29–38	28–33	34–40
КДК	30–35	21–22	17–21	17–21	19–23	21–25
БЭВ*	25–30	32–38	35–42	35–38	30–35	28–30

**БЭВ рассчитывают по формуле: 100 — (НДК + СП + СЖ + СЗ).*

обеспечивает жирность молока не менее 3,4% при раздое и в середине лактации (**рисунок**). Это означает, что минимальное содержание фэНДК в рационах для коров должно быть не менее 21% в СВ.

В дальнейшем для определения структуры кормов и кормовых смесей их стали просеивать на оригинальном трехъярусном (трехуровневом) сите (пенсильванская сортирующая система, сепаратор кормов). Оно состоит из трех боксов, имеющих разные по величине отверстия. Верхний бокс отсекает частицы размером более 19 мм, средний бокс задерживает частицы 8–19 мм, в нижний бокс попадают частицы размером менее 8 мм.

Поскольку в США в полносмешанных рационах (ПСР) для коров на концентраты приходится 40–60%, при просеивании корма большинство частиц проваливались через отверстия 8 мм. Данные исследований монокорма (831 образец), отобранного на фермах, показали, что доля частиц, проходивших через оба сита (19 и 8 мм), достигала 58%. Поэтому для более полной оценки структурности ПСР в трехъярусный сепаратор добавили еще одно сито с ячейками 1,3 мм (**фото**, **табл. 4**).

Необходимо понимать, что управление структурностью кормов начинается с момента заготовки кормов. Использование пенсильванского сита для измерения частиц силоса и сенажа на этапе резки, трамбовки и закладки на хранение позволяет заранее избежать многих проблем, связанных с ухудшением здоровья животных в процессе скармливания кормов.

В зависимости от физиологического состояния коров соотношение частиц разных размеров в полносмешанном рационе различается (**табл. 5**).

Самая современная модель пенсильванского сита (образец 2013 г.) включает поддон и три сита с ячейками диаметром 19, 8 и 4 мм. Данные исследований показали, что частицы корма, остающиеся на ситах с ячейками диаметром 4 мм, покидают рубец медленнее, чем частицы, задержавшиеся на сите с ячейками диаметром 1,18 мм. Частицы размером 1,18–3,9 мм достаточно быстро выходят из рубца через сетку и используются для жвачки в незначительной степени. Это означает, что минимальная длина частиц, эффективно участвующих в жвачке, составляет 4 мм.

В США на фермах применяют и шестиуровневые сита. На долю частиц, остающихся на первом сите, приходится 5%, на втором — 15%, на третьем — 34%, на четвертом — 18%, на пятом — 13%, на поддоне — около 15%.

Для измерения фракций дробленого зерна или комбикормов американские фермеры применяют так называемую иллинойскую сортирующую систему. При просеивании кормового сырья получают информацию о количестве концентрированного корма, который не переваривается в рубце, и о количестве концентрированного корма, переваривающегося в кишечнике.

При нормировании углеводного питания коров очень важно учитывать их физиологическое состояние (**табл. 6**).

Таким образом, доказано, что оптимизация рационов для коров по всем важнейшим элементам питания, включая легкопереваримые углеводы и клетчатку, а также определение структурной ценности кормов положительно сказываются на состоянии здоровья животных, их продуктивности и качестве получаемой продукции. ЖР

Республика Беларусь