

зы внесения удобрений, несмотря на то, что способствуют повышению уровня первичного продуцирования, не влекут за собой адекватного повышения эффективности работы экосистемы пруда в целом, так как в этих случаях степень утилизации первичной продукции рыбами снижается. В выростных прудах степень утилизации первичной продукции рыбами несколько выше, чем в нагульных. Это связано с тем, что в выростных прудах водоросли более интенсивно потребляются организмами зоопланктона, а зоопланктон – молодью карпа. Уровень валового фотосинтеза в выростных водоёмах в пределах 3,95–4,47 мгО<sub>2</sub>/л сут., а в нагульных – 6,04–6,45 мгО<sub>2</sub>/л сут. оптимален для производства рыбопосадочного материала и товарной рыбы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Астапович, И.Т. Повышение естественной кормовой базы рыбных прудов / И.Т. Астапович // Проблемы развития рыбоводства в Белорусской ССР и Прибалтийских республиках: тезисы докл. науч.-практ. конф., 1–2 июля 1981г. – Минск, 1981. – С. 52-54.
2. Воронова, Г.П. Перспективные способы повышения естественной продуктивности рыбных прудов / Г.П. Воронова // Сб. докл. респ. науч.-практ. семинара по проблемам выращивания рыбопосадочного материала. – Минск, 1995. – С. 33-42.
3. Гидрохимический режим и естественная кормовая база прудов при пастбищном выращивании посадочного материала прудовых рыб. / Г.П. Воронова, Л.А. Куцко, Г.Г. Адамчик, В.Д. Сенникова, Н.Н. Гадлевская // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. трудов. – Минск, 2005. – Вып. 21. – С. 141-148.
4. Козлова, Т.В. Влияние периодичности внесения удобрений на фитопланктон и первичную продукцию выростных прудов / Т.В. Козлова // Сб. науч. трудов Госуд. науч.-исслед. ин-та озёрн. и реч. рыбного х-ва. – 1981. – Т. 170. – С. 38-44.
5. Лаврентьева, Г.М. Соотношение продукции фитопланктона и рыб в зависимости от режима удобрения озер / Г.М.Лаврентьева, Е.В. Авинская, А.Я.Тесля // Материалы V съезда Всесоюзного гидробиологического общества, 15 – 19 сент. 1986 г. – Тольятти, 1986. – Ч. II. – С. 90–91.
6. Камлюк, Л.В. Рыбопродуктивность и средства интенсификации прудового рыбоводства Республики Беларусь за послевоенный период / Л.В.Камлюк // Современ. сост. и перспективы развития аквакультуры: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 7-9 дек. 1999 г. – Горки, 1999. – С. 20-21.
7. Камлюк, Л.В. Влияние средств интенсификации на кислородный режим рыбных прудов / Л.В. Камлюк // Стратегия развития аквакультуры в условиях XXI века: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 23 – 27 августа 2004 г. – Минск, 2004. – С. 299–300.
8. Козлова, Т.В. Первичная продукция планктона рыбных прудов с разным уровнем интенсификации / Т.В. Козлова // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. научн. трудов УО «БГСХА». – Горки, 2007, вып. 10, ч. 2. – С. 132-140.
9. Козлов, А.И. Использование природных ресурсов в рыбоводстве / А.И. Козлов // Сельскохозяйственный вестник, №6, 2003. – С. 22-23.

УДК 636.085 (035.5)

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 2.09.2008

## НОВЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УРОВНЯ И КАЧЕСТВА КЛЕТЧАТКИ В КОРМАХ

**Н.Ф. Бондарь, канд. хим. наук, Л.Л. Кругова, вед. инженер, Н.И.Голубь, лаборант,  
А.Н. Дылько, лаборант (УО БГАТУ)**

### Аннотация

*Рассмотрены новые методы оценки уровня и качества клетчатки в кормах. Разработаны лабораторные методики количественного определения содержания в кормах нейтрально-детергентной клетчатки (НДК) и кислотно-детергентной клетчатки (КДК) и определено содержание НДК и КДК в различных видах кормов с использованием разработанных методик.*

### Введение

Корма являются одним из важнейших факторов внешней среды, оказывающих решающее влияние на обмен веществ в организме, рост и развитие, продуктивность и воспроизводительные функции животных. Основу пищи сельскохозяйственных животных составляют корма растительного происхождения.

Для достижения высокой молочной продуктивности коров особое значение приобретают тип и уро-

вень кормления, соотношение отдельных кормов в рационе, сбалансированность рационов по отдельным питательным веществам – протеину, углеводам, витаминам и питательным веществам, а также качество кормов, производимых в хозяйстве. Только полноценным кормлением можно обеспечить высокую продуктивность сельскохозяйственных животных, а также эффективное использование кормов [1, 2].

В Республике Беларусь в настоящее время наиболее распространенным способом определения качества

корма является зоотехнический анализ, по результатам которого оценивают питательность кормов, несмотря на то, что информация, которую он дает, часто не отражает истинный состав корма. В соответствии со схемой анализа корм разделяют на шесть фракций: воду, сырой жир, сырую клетчатку, сырой протеин, золу и безазотистые экстрактивные вещества [3, 4]. Однако данная схема определения групп различных веществ в кормах не является, как это иногда ошибочно считают, анализом питательных веществ корма. Каждый из этих компонентов, за исключением воды, представляет собой комбинацию веществ, часть которых является питательными веществами или сочетаниями питательных веществ, а часть вообще не представляет никакой питательной ценности для животного.

### Основная часть

Один из первостепенных показателей оптимального содержания того или иного питательного вещества в рационе – переваримость, которая в значительной мере зависит от соотношения питательных веществ корма. Даже незначительное изменение соотношения питательных веществ может существенно снизить переваримость и использование компонентов не только одного вида корма, но и рациона в целом.

В настоящее время предлагаются новые схемы анализа, которые учитывают современные представления о химическом составе и свойствах растительных кормов, их питательной ценности; разрабатываются аналитические методы, которые выделяют группы веществ, сходных по химическому составу и по физиологическому действию, как в кормовых продуктах, так и в процессе их пищеварения.

Сумма сырой клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ представляет собой общие углеводы корма. Известно, что от качества углеводов и их химической природы зависит не только питательность кормов, но и степень использования животными содержащихся в них азотистых и минеральных веществ.

Клетчатка является необходимым элементом питания для всех сельскохозяйственных животных и, прежде всего, для жвачных. Она обеспечивает нормальную моторику желудочно-кишечного тракта и образование в рубце уксусной кислоты и других летучих жирных кислот, необходимых для синтеза молочного жира. Недостаток углеводов приводит к расщеплению жиров тела с образованием повышенного количества ацетоуксусной и бета-оксимасляной кислот, что вызывает заболевание животных кетозом. Малое количество структурных веществ и легкогидролизуемых углеводов в траве служит причиной нарушения обмена веществ у животных. В то же время избыточное количество клетчатки снижает переваримость питательных веществ, что тормозит процесс освобождения рубца от корма.

Согласно новым подходам к характеристике кормов представляет интерес определять в кормах не обезличенную «сырую клетчатку», а конкретно:

– углеводы, заключенные внутри растительных клеток (неволокнистые или неструктурные углеводы);

– углеводы оболочек растительных клеток (структурные углеводы).

К первой группе в основном относятся сахара и крахмал, сравнительно легко растворимые в воде, слабых кислотах и щелочах. Эта группа веществ определенной химической природы с хорошо известной питательной ценностью.

Из веществ, составляющих оболочку растительных клеток, выделяются целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин. Целлюлоза и гемицеллюлозы имеют много общего по химической природе и происхождению, по переваримости и растворимости, по действию на них микрофлоры (образование сходных продуктов гидролиза – главным образом органических кислот). Лигнин – сложное, полимерное органическое соединение, имеющее отличную от истинных углеводов химическую природу и очень низкую переваримость.

Учитывая важный вклад клетчатки, современные подходы к определению качества корма и его питательности предлагают введение новых параметров для характеристики качества кормов. Согласно этим подходам стандартный анализ корма в настоящее время должен включать следующие критерии: сырой протеин, содержание сухого вещества (СВ) и вместо общепринятой «сырой клетчатки» нейтрально-детергентную клетчатку (или фракцию, не растворимую в нейтральном детергенте – НДК) и кислотно-детергентную клетчатку (или фракцию, не растворимую в кислотном детергенте – КДК) [4, 5].

Нейтрально-детергентная клетчатка (НДК) состоит из медленно перевариваемой волокнистой части растения: гемицеллюлозы, целлюлозы и лигнина. Установлено, что уровень НДК в корме связан с потреблением сухого вещества. Когда уровень нейтрально-детергентной клетчатки сильно увеличен, усвояемость корма имеет тенденцию снижаться. Однако, если уровень нейтрально-детергентной клетчатки слишком низок, наступают расстройства желудочно-кишечного тракта, типа ацидоза. Значение НДК в настоящее время все чаще используется в практике кормления для балансирования рациона.

Кислотно-детергентная клетчатка (КДК) является подфракцией НДК, состоящей из лигнина и целлюлозы, и представляет собой часть корма, которая не растворяется в кислом растворе детергента (катионоактивного ПАВ). Существует обратная зависимость полной усвояемости корма от данного показателя. Показатель КДК связан с переваримостью. С увеличением количества КДК в корме усвояемость корма снижается, т. е. снижается и качество корма.

Уровень структурных углеводов в кормах и рационах оказывает существенное влияние на потребление сухого вещества жвачными животными. Снижение НДК в кормах до оптимального уровня обеспечивает соответственное повышение потребления сухого вещества рациона жвачными животными. Показателем качества НДК в корме является удельный вес в ней кислотно-детергентной клетчатки. Чем выше уровень КДК, тем ниже переваримость и в целом качество НДК и, как следствие, ниже потребление сухого вещества корма.

Оптимальное содержание структурообразующих углеводов в корме – одно из основных условий нормальной работы пищеварительного тракта, а также улучшения переваримости и использования органических веществ рациона жвачными животными.

Если в соотношении легкодоступных углеводов (крахмал и сахар) к клетчатке преобладают легкодоступные (при содержании НДК 24–36%), то в микробной популяции рубца преобладают амилолитические и протеолитические бактерии. При содержании в корме 36–42% НДК в рубце увеличивается содержание целлюлозолитических бактерий, а, следовательно, и переваримость клетчатки [6].

Однако чрезмерно высокое содержание структурных углеводов в рационах (НДК 42% и выше) снижает переваримость целлюлозы, гемцеллюлозы и лигнина. При этом каждый корм имеет свою степень расщепляемости НДК в рубце. Трудно расщепляемая НДК остается в рубце дольше, снижая общее потребление корма. Корма с быстро деградируемой НДК проходят через желудочно-кишечный тракт с большей скоростью, способствуя повышенному потреблению корма.

Согласно выводам ученых США показатели содержания в кормах НДК и КДК являются наиболее достоверными и информативными для характеристики кормов. Пользуясь этими новыми параметрами, они рассчитывают такие показатели как сумма переваримых питательных веществ корма (СППВ) и относительное значение усвояемости корма.

Первый показатель используется при составлении рационов. Полностью переваримое питательное вещество корма или СППВ – сумму переваримых питательных веществ – общее количество суммы всех легкоусвояемых органических питательных веществ (белок и энергия) корма, которые являются доступными для животного, рассчитывают, пользуясь данными о содержании в корме КДК, по формуле:

$СППВ = 82,38 - (0,7515 \times \%КДК)$  – в процентах на сухое вещество.

Относительное значение усвояемости корма – это коэффициент, который объединяет переваримое сухое вещество (ПвСВ) и потребленное сухое вещество (ПтСВ). Этот показатель не применяется для балансирования рационов, однако используется в маркетинге.

Международная кормовая рекомендация для коэффициента относительного значения усвояемости – 100. Высокий коэффициент (выше 100) указывает на более высокое качество корма. Относительное значение усвояемости может также использоваться, чтобы определить качественные стандарты, используемые в маркетинге корма. Как видим, новые показатели качества кормов рассчитываются из данных по содержанию в кормах НДК и КДК [7].

К настоящему времени уже предлагались различные подходы к методам определения содержания НДК и КДК в кормах. Однако в странах СНГ этот анализ проводится только отдельными

учеными в рамках исследовательских работ [8], а зарубежные методики во многом не соответствуют требованиям отечественных нормативных документов. Сотрудниками научно-исследовательской аналитической лаборатории БГАТУ были разработаны методики определения в кормах и комбикормах нейтрально-детергентной и кислотно-детергентной клетчатки.

Содержание нейтрально-детергентной клетчатки НДК определяли при расщеплении образца корма путем кипячения его в нейтральном растворе детергента в присутствии термостойкой альфа-амилазы.

Нейтральный раствор детергента (анионного поверхностно-активного вещества – ПАВ) использовался, для того, чтобы растворить легко перевариваемые пектины и содержимое клетки растения (протеины, сахара и липиды), оставляя нерастворенным остаток клетчатки (НДК). Состав раствора многокомпонентный. Поверхностно-активное вещество – детергент (натрий додецилсульфат) способствует растворению протеинов, сульфит натрия помогает удалять азотистые вещества корма, динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты необходима для хелатирования кальция и удаления пектинов при температуре кипения воды. Триэтиленгликоль помогает удалять некоторые неволокнистые вещества; амилаза, устойчивая к нагреванию, используется, чтобы расщепить крахмал и облегчить удаление его из анализируемой пробы. Прибавление амилазы не дает возможности крахмалу клейстеризоваться и облегчает фильтрование в ходе анализа. Кроме того, термоустойчивая альфа-амилаза используется в горячих растворах, чтобы инактивировать потенциально загрязняющие ферменты, которые могли бы разлагать волокнистые составные части клетчатки.

Содержание кислотно-детергентной клетчатки КДК определяли при расщеплении образца корма кипячением его в кислом растворе детергента. В отличие от методики определения НДК, где использовался анионный ПАВ, при определении содержания КДК в качестве детергента необходимо использовать катионный ПАВ. В предлагаемой нами методике – это соль четвертичного аммониевого основания – цетилтриметиламмоний бромид.

Подкисленный раствор соли четвертичного аммониевого основания используется, чтобы расщепить растворимую часть клетки, гемицеллюлозу и растворимые минералы, оставляя в остатке целлюлозу, лигнин и частично поврежденный при нагревании протеин стенки клетки, а также минералы, то есть золу. КДК определяется гравиметрически как остаток, остающийся после экстракции образца корма кислым раствором детергента.

По разработанным методикам нами были проведены испытания образцов различных видов кормов хозяйств Минской области, среди которых – зеленые корма, сено, сенаж, силос, зерно и комбикорма.

Результаты испытаний приведены в таблице.

**Содержание структурных углеводов в кормах**

№ П.п.	Шифр образ-ца	Образцы кормов	Показатели (содержание в абсолютно сухом веществе)					
			Сод. сухого в-ва, %	Сырая клетчатка %	НДК, %	КДК, %	Гемицел-люлоза, %	СППВ, %
<b>сенаж</b>								
1	134	Сенаж разнотравье	19,33	28,0	58,8	38,9	19,9	52,4
2	135	Сенаж разнотравье	27,28	29,9	56,6	43,1	13,5	50,0
4	234	Сенаж разнотравье	25,60	34,7	56,7	41,1	15,6	51,5
5	236	Сенаж разнотравье	32,20	33,6	58,2	42,5	15,7	50,4
6	29/84	Сенаж многол. травы	37,30	38,1	67,9	41,5	26,4	51,2
7	159	Сенаж многол. травы	23,62	27,8	62,4	41,6	20,8	51,1
8	238	Сенаж многол. травы	21,8	34,2	53,4	40,9	12,5	51,6
9	147	Сенаж злаковый	19,36	28,3	65,5	43,6	17,0	54,1
9	149	Сенаж злаковый	23,80	31,9	54,6	37,5	17,1	54,1
10	166	Сенаж злаковый	29,50	29,9	55,3	35,3	20,0	55,8
11	194	Сенаж злаковый	58,01	30,2	60,6	40,9	19,7	51,6
12	1856	Сенаж злаковый	41,59	29,4	60,3	35,2	25,1	55,9
13	139	Сенаж: злаковые 80%, солома 20 %	23,42	31,9	58,5	36,7	21,8	54,8
14	140	Сенаж: злаковые 80 %, солома 20 %	21,61	30,0	49,3	40,3	9,0	52,1
15	142	Сенаж: злаковые 50%, люцерна-50%	21,79	30,9	58,9	41,1	17,8	51,5
16	145	Сенаж: злаковые 40%, люцерна 60 %	21,00	29,3	57,8	40,3	17,5	45,5
17	144	Сенаж: злаковые 30%, люцерна 70 %	24,18	28,5	54,1	36,9	17,3	54,7
18	146	Сенаж: злаковые 30%, люцерна 70 %	20,63	32,3	57,8	39,8	14,3	52,5
<b>силос</b>								
19	193	Силос кукурузный	23,60	23,2	46,2	28,2	18,0	61,2
20	1858	Силос кукурузный	29,37	22,6	44,4	29,4	15,0	60,3
21	29/85	Силос кукурузный	21,90	29,9	48,5	28,6	19,9	60,9
22	226	Силос кукурузный молочной спелости	25,30	25,3	42,9	27,9	15,0	61,4
23	225	Силос кукурузный молочной спелости	23,20	23,5	43,5	26,1	17,4	62,8
24	141	Силос кукурузный восковой спелости	32,58	17,4	32,7	20,0	12,7	67,3
25	222	Силос кукурузный восковой спелости	29,3	17,5	32,0	22,5	9,5	65,5
26	223	Силос кукурузный восковой спелости	30,11	17,2	32,7	20,7	12,0	66,8
27	230	Силос кукурузный восковой спелости	35,71	19,1	32,6	23,6	9,0	64,6
28	237	Силос кукурузный восковой спелости	31,39	17,9	31,0	20,0	11,0	67,4
29	29/85	Силос кукурузный бутонизация	21,90	29,9	48,5	34,4	14,1	56,6
30	1859	Силос кукурузный + солома	34,67	25,2	44,5	28,4	16,1	60,7
31	158	Силос: клевер 75%, многолетние травы 25%	23,53	29,2	59,6	41,1	18,5	51,5
<b>сено</b>								
32	138	Сено	87,39	29,8	57,5	32,4	25,1	58,0
33	195	Сено злаковое 100 %	84,36	32,5	67,9	36,7	31,2	54,8
34	1284	Сено тимopheевка + клевер	80,32	34,1	60,6	43,7	16,9	49,5
35	1322	Сено тимopheевка	85,45	30,2	63,2	39,8	23,4	52,5
36	154	Сено ежа сборная	79,98	33,0	63,2	36,7	26,5	54,8
37	156	Сено ежа сборная	80,89	32,5	60,8	35,4	25,4	55,8
38	1682	Сено тимopheевка	78,34	30,6	53,2	31,2	22,0	58,9
<b>солома</b>								
39	155	Солома ячменная	68,64	35,0	80,3	49,08	59,9	37,4

**продолжение таблицы**

№ П.п.	Шифр образ-ца	Образцы кормов	Показатели (содержание в абсолютно сухом веществе)					
			Сод. сухого в-ва, %	Сырая клетчатка %	НДК, %	КДК, %	Гемицеллюлоза, %	СППВ, %
<b>зеленая масса</b>								
40	143	Зеленая масса: злаковые 50%, кукуруза 50 %	19,45	31,1	58,5	40,2	18,3	52,2
41	157	Зеленая масса: овес 60%, пелюшка 20%, кукуруза 10 %	15,11	27,1	49,5	32,6	16,9	57,9
42	165	Зеленая масса: вика, горох, рапс, ячмень	12,20	28,3	44,1	34,2	9,9	51,0
43	102/40	Зеленая масса многолет-ние травы	13,40	33,0	59,5	32,0	27,5	53,5
44	102/41	Зеленая масса многолет-ние травы	16,75	32,5	59,5	31,4	28,1	54,1
45	102/42	Зеленая масса многолет-ние травы	16,60	29,4	56,1	30,7	25,4	59,3
46	103/43	Зеленая масса многолет-ние травы	13,60	32,4	54,9	32,5	22,4	57,9
47	103/45	Зеленая масса многолет-ние травы	14,30	28,6	58,8	32,5	26,3	58,0
48	243/34	Зеленая масса многолет-ние травы	16,10	33,2	63,2	36,5	26,7	55,0
49	1673	Зеленая масса кукуруза	28,04	25,1	40,3	23,4	16,9	64,9
<b>зерно</b>								
50	160	овес	86,73	14,9	31,34	10,13	21,2	74,7
51	161	ячмень	86,53	5,0	17,5	9,6	7,9	75,0
52	163	рожь	89,50	3,2	14,7	3,8	10,9	79,3
53	162	Ячмень+ овес	87,53	8,5	25,5	10,4	15,1	74,6
54	2202	кукуруза	85,15	2,6	8,0	1,6	6,4	81,2
55	2200	тритикале	84,44	3,0	10,8	2,3	8,5	80,7

**Выводы**

Разработанные методики определения в кормах НДК и КДК отвечают требованиям количественного химического анализа и могут быть использованы для определения качества кормов. Они не требуют применения специального оборудования и могут быть воспроизведены в условиях любой лаборатории, занимающейся испытаниями кормов.

Зная значения НДК и КДК, можно рассчитать содержание в кормах отдельных структурных углеводов:  
%Гемицеллюлозы = НДК – КДК;  
% Целлюлозы = КДК – % лигнина.

Возможность определять параметры (НДК и КДК) позволяет по-новому характеризовать корма. Особенно важно знание содержания отдельных составляющих клетчатки при составлении рационов для крупного рогатого скота.

Рассчитав сумму переваримых питательных веществ из данных по содержанию в корме КДК, можно с помощью уравнения регрессии определять обменную энергию:

$$ОЭ_{крс}(МДж/кг) = СППВ \text{ г/кг} \cdot 0,018143 \cdot 0,82.$$

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Дурс, Л. Кормление сельскохозяйственных животных/ Л. Дурс, М Витман. – Винница: Нова книга, 2003. – 384 с.

2. Яковчик, Н.С. Кормопроизводство. Современные технологии/ Н.С Яковчик. – Барановичи: РУПП «Баранов. укрупн. тип.», 2004. – 278 с.

3. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справоч. пособ. / под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. – М.: Урожай, 2003. – 196 с.

4. Руководство по производству молока, выращиванию и откорму молодняка крупного рогатого скота: отраслевой регламент/ А. М. Лапотко [и др.]; под ред. А. М. Лапотко. – Несвиж: МОУП «Несв. укрупн. тип. им. С. Будного», 2006. – 368 с.

5. Hall, M. Forage Quality Testing: Why, How, and Where/ M. Hall, V. Ishler // Agronomy Facts. – 1994. – Vol. 44. – P. 1-4.

6. Мошкина, С.Б. Переваримость клетчатки в рубце лактирующих коров. / С.Б. Мошкина, В. Дрохнер, М. Тафай // Животноводство России, №9, 2005. – С. 45 – 46.

7. Lammers, B. A Simple Method for the Analysis of Particle Sizes of Forage and Total Mixed Rations / B. Lammers [et al] // J. Dairy Sci. – 1996. – Vol. 79, N4. – P. 922-928.

8. Воробьева, С. В. Влияние уровня НДК в кормах на потребление сухого вещества у бычков/ Воробьева С.В.// Тезисы доклада на конференции «Актуальные проблемы биологии в животноводстве», г. Боровск, 2006. – Боровск, 2006. – С. 91 – 93.