

КОРМОПРОИЗВОДСТВО /
FODDER PRODUCTION<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.360-366>

УДК 636.085

Уровни содержания протеина, нерастворимого в кислотном детергенте, в злаковых травах и кормах из них

© 2021. В. М. Косолапов ✉, Х. К. Худякова

ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», г. Лобня, Московская область, Российская Федерация

Целью настоящих исследований является оценка уровня теплового повреждения путем определения содержания нерастворимого в кислотном детергенте протеина (КДНП) в многолетних злаковых кормовых травах (коострец безостом, овсянице луговой, тимофеевке луговой) в зависимости от фазы их вегетации (начало выхода в трубку, колошение и цветение), а также в приготовленных из них в те же фазы силосе и сенаже. Пробы для анализов высушивали при температуре 60–65 °С. Азот КДНП определяли в остатке кислотно-детергентной клетчатки (КДК), полученном фильтрованием раствора кислотного детергента через бумажный фильтр. По мере роста трав наблюдается увеличение содержания КДК в них, что сопровождается также повышением и КДНП в тимофеевке луговой и особенно в овсянице луговой, которая характеризовалась более высокими темпами накопления КДК. В коострец безостом возрастание КДК не привело к повышению концентрации КДНП в траве в связи со снижением его доли в КДК. Содержание КДНП в зеленой траве составило от 0,85 до 1,58 % в сухом веществе, а КДК – от 27,0 до 45,8 %, корреляция между ними не обнаружена. Консервирование трав во все фазы их роста вызвало увеличение содержания КДК по сравнению с исходной травой, но при этом массовая доля КДНП в сухом веществе силоса и сенажа была не больше, чем в исходной траве, что обусловлено более низкой массовой долей КДНП в КДК по сравнению с травами. В связи с этим отмечается, что при соблюдении технологии заготовки силоса и сенажа не наблюдается повышения уровня теплового повреждения этих кормов. Обнаружена тесная обратная зависимость доли КДНП в сыром протеине (СП) от содержания последнего. Коэффициенты корреляции между этими показателями составили -0,83; -0,88 и -0,92 для трав, силоса и сенажа соответственно. Наименьший процент КДНП в СП отмечен в раннюю фазу роста трав. В связи с этим отмечается необходимость их уборки в более ранние фазы роста, так как по мере их роста снижается содержание СП и повышается доля в нем неусвояемого протеина. При наличии органолептических признаков теплового повреждения кормов, которые приведены в статье, рекомендуется вносить поправку на содержание СП на основании результата анализа на КДНП.

Ключевые слова: многолетние злаковые кормовые травы, фазы роста, силос, сенаж, кислотно-детергентная клетчатка, сырой протеин, кислотно-детергентный нерастворимый протеин (КДНСП)

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса» (тема №0597-2019-0026).

Авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Косолапов В. М., Худякова Х. М. Уровни содержания протеина, нерастворимого в кислотном детергенте, в злаковых травах и кормах из них. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(3):360-366. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.360-366>

Поступила: 07.04.2021

Принята к публикации: 24.05.2021

Опубликована онлайн: 23.06.2021

Levels of acid detergent insoluble protein in grasses and feeds made from them

© 2021. Vladimir M. Kosolapov ✉, Hatima K. Khudyakova

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Lobnya, Moscow region, Russian Federation

The purpose of this research is to assess the level of thermal damage by determining the content of acid detergent insoluble crude protein (ADICP) in perennial cereal forage grasses *Bromus inermis*, *Festuca pratensis*, *Phleum*, depending on the phase of their vegetation (at the beginning of shooting, during the earing and flowering phases), as well as in silage and haylage prepared from them during the same phases. Samples for analyzes were dried at the temperature of 60–65 °C. Nitrogen of ADICP was determined in the residue of ADF (acid detergent fiber) obtained by filtering a solution of acid detergent through a paper filter. With the growth of grasses, an increase in the content of ADF in them was observed, followed by an increase in ADICP in *Phleum* and especially in *Festuca pratensis* which was characterized by higher rates of ADF

accumulation. In Bromus inermis, the increase in ADF did not lead to an increase in the concentration of ADICP in the grass due to a decrease of its portion in ADF. The content of ADICP in green grass ranged from 0.85 to 1.58 % in dry matter, ADF – from 27.0 to 45.8 %, no correlation was found between them. Conservation of grasses in all phases of their growth caused an increase in the content of ADF compared to the original grass, but the mass fraction of ADICP in the dry matter of silage and haylage was not higher than in the original grass, due to a lower mass fraction of ADICP in the ADF compared to grasses. In this regard, it is noted that if the technology of harvesting silage and haylage is observed, there is no increase in the level of thermal damage to these feeds. In this regard, it is noted, that when the preparation of silage and haylage is carried out according to the required technology, there is no increase in the level of thermal damage to these feeds. There is close correlation between the percentage of ADICP in CP (crude protein) and the contents of CP. The correlation coefficients were -0.83; -0.88 and -0.92 for grasses, silage and haylage, respectively. The lowest percentage of ADICP in CP was observed in the early phases of grass growth. In this regard, there is a need to harvest them in earlier growth phases, since the content of CP decreases with growth and the proportion of indigestible protein in it increases. If there are organoleptic signs of thermal damage to feeds given in the article, it is recommended to make an amendment to CP content on the basis of the result of the analysis for the content of ADICP.

Keywords: perennial fodder grasses, phase of growth, silage, haylage, acid detergent fiber, crude protein, acid detergent insoluble protein (ADICP)

Acknowledgement: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology (No. 0597-2019-0026).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Kosolapov V. M., Khudyakova H. K. Levels of acid detergent insoluble protein in grasses and feeds made from them. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(3):360-366. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.360-366>

Received: 07.04.2021

Accepted for publication: 24.05.2021

Published online: 23.06.2021

После разработки детергентной схемы анализа структурных углеводов кормов Р. J. Van Soest установил, что пробы, высушенные при высокой температуре, содержат больше клетчатки, и содержащийся в ней азот не удаляется раствором детергента или пепсином [1]. Образование таких соединений азота назвали тепловым повреждением. В связи с этим он предложил использовать кислотный детергент для определения степени теплового повреждения.

Под тепловым повреждением кормов имеется в виду образование темноокрашенного нерастворимого соединения в результате связи протеина с веществами стенок растительных клеток, как лигнин и таннин, и неэнзиматической реакции Майларда, заключающейся в конденсации продуктов разложения углеводов с белком и аминокислотами. Условия для теплового повреждения создаются при перегреве органических веществ и наличии влаги. Наиболее доступным способом определения степени теплового повреждения является анализ на содержание азота в кислотно-детергентной клетчатке – КДК (КДНН). Путем умножения содержания азота, нерастворимого в кислотном детергенте (КДНН), на коэффициент 6,25 получают сырой протеин, нерастворимый в кислотном детергенте (КДНП). Его выражают в расчете на сухое вещество корма. Часто используется также такой показатель, как доля КДНП в сыром протеине (СП) корма.

Интерес к содержанию КДНП вызван тем, что он является недоступным для животных и вызывает снижение переваримости СП. Установлено, что концентрация КДНП, выраженная в процентах от СП, тесно коррелирует с переваримостью сырого протеина травянистых кормов [2, 3]. Эта зависимость использована для определения истинной переваримости СП при разработке модели определения суммы переваримых питательных веществ (СППВ) кормов [3]. Раньше в основном обращали внимание на снижение качества СП при тепловом повреждении, но выяснилось, что оно оказывает не менее, а даже более нежелательное влияние на энергетическую ценность корма. В сене из смеси люцерны с ежой сборной даже при его незначительном самопроизвольном согревании концентрация углеводов, растворимых в нейтральном детергенте, снизилась на 25 %, увеличилось содержание нейтрально-детергентной клетчатки (НДК) на 11 % [4]. Это привело к снижению суммы переваримых питательных веществ на 13 % [5]. Содержание обменной энергии в поврежденном теплом силосе снизилось на 16 % [7]. Степень теплового повреждения сена повышается по мере увеличения суммы ежедневных температур выше 30 °С и роста температуры внутри тюка сена до максимального значения [4, 5, 6].

Тепловое повреждение зачастую возникает при наличии соответствующих условий, как перегрев при наличии влаги. Например, при укладывании сена в стог или рулоны с влажностью более 20 %. При высоком содержании влаги выделяется тепло в результате роста плесени, и при этом температура корма может подняться до уровня, вызывающего тепловое повреждение. Сено в крупных рулонах более подвержено тепловому повреждению, чем в мелких из-за более медленного охлаждения корма [6]. Поэтому сено в крупные рулоны следует закладывать при более низкой влажности. Проблема теплового повреждения силоса возникает на первом этапе ферментации сырья, когда имеет место дыхание растительных клеток и нежелательных микроорганизмов кислородом, содержащимся в силосуемой массе. Этому способствует недостаточное уплотнение травы, растянутые сроки заполнения траншеи. Поврежденный теплом силос имеет коричневый или темнокоричневый до черного цвет, запах провяленного табака, яблок или ржаного хлеба. Такой силос может поедаться скотом, но переваримость его протеина снижается. Так, самосогревание силосуемой массы до 52 °С вызвало снижение переваримости протеина на 23 % [8].

Тепловому повреждению могут подвергаться и зеленые корма при их недопустимо длительном хранении перед скармливанием. Пересушка искусственно высушенных кормов приводит к денатурации белка, и он становится недоступным для животных. Такие корма часто имеют органолептические признаки теплового повреждения: бурый цвет вместо темнозеленого или желтоватого, горелый запах и сожженные кончики частичек корма. При использовании пересушенных искусственно высушенных кормов в составе рациона переваримость протеина снизилась на 42,5 % [8]. Ясно выраженные органолептические признаки характерны для высокой степени теплового повреждения, но оно может быть менее выраженным. Ее для конкретной партии корма можно установить лишь на основе анализа КДНП, поскольку на содержании СП тепловое повреждение не сказывается. Поэтому в некоторых лабораториях по определению качества

кормов, наряду с общим содержанием СП, приводят данные и КДНП [9, 10].

Поскольку КДНП недоступен животным, при составлении рационов кормления требуется вносить поправку на его содержание, исходя из его процентной доли в СП. При этом учитывают, что протеин, нерастворимый в кислотном детергенте, содержится и в кормах, не подвергавшихся тепловому повреждению, в количестве 5-12 % от СП (меньшая цифра для злаковых, большая – для бобовых) [11]. Этот протеин относится к лигнину и не является продуктом теплового повреждения. Поэтому коррекцию на содержание КДНП рекомендуется проводить при доле КДНП более 10 % СП [9], или при превышении 7 % [11].

Цель исследований – оценка по уровню протеина, нерастворимого в кислотном детергенте, наиболее широко возделываемых в Нечерноземной зоне России злаковых кормовых трав (кострец безостый, овсяница луговая и тимopheевка луговая) и приготовленных из них силоса и сенажа в зависимости от фазы вегетации в первом укосе и содержания в них СП.

Материал и методы. Объектом исследования являются образцы кормовых трав, выращенных на дерново-подзолистой почве Центральной экспериментальной базы ВНИИ кормов имени В. Р. Вильямса. Для сбора проб на выбранном для их отбора участке по его диагонали выделяли несколько площадок. Скашивали кострец безостый (сорт Моршанский 760), овсяницу луговую (сорт ВИК 5), тимopheевку луговую (сорт ВИК 7) в фазы «выход в трубку», «выметывание соцветий» (колошение) и «цветение». Фазы роста определяли визуально. Скошенную зеленую массу после тщательного перемешивания делили на две части. Из одной части отбирали пробы зеленой травы, а другую часть использовали для приготовления силоса и сенажа по методике ВНИИ кормов имени В. Р. Вильямса¹.

Пробы зеленой травы, силоса и сенажа, высушенные при температуре 60-65 °С в сушильном шкафу с принудительной вентиляцией, размалывали до прохода через сито с отверстиями 1 мм. В них определяли содержание СП по методу Кьельдаля. Для определения КДНП получали остаток КДК по разработанному нами методу².

¹Проведение опытов по консервированию и хранению объемистых кормов: методические рекомендации. В. А. Бондарев, В. М. Косолапов [и др.]. М.: ФГУ РЦСК, 2008. 67 с.

²Методические рекомендации по определению углеводной питательности растительных кормов для жвачных животных. М.: ВАСХНИЛ, 1984. 44 с.

Результаты и их обсуждение. По мере роста трав в них увеличивалось содержание КДК. Поскольку КДНП является составной частью КДК, логично ожидать его накопление с увеличением содержания КДК. Однако не обнаружено корреляции между уровнями

КДНП и КДК в травах. Так, если в исходной траве овсяницы луговой и тимopheевки луговой прослеживается такая взаимосвязь, то у костреца безостого наблюдалась обратная тенденция (табл. 1).

**Таблица 1 – Содержание КДНП в злаковых травах, силосе и сенаже в зависимости от фазы их роста и уровня КДК, % в сухом веществе /
Table 1 – Contents of ADICP in grasses, silage and haylage depending on the phase of vegetation and level of ADF, % in dry matter**

Вид травы / Grass type	Вид корма / Feed type	Фаза роста / Growth phase					
		выход в трубку / shooting		колошение / earring		цветение / flowering	
		КДК / ADF	КДНП / ADICP	КДК / ADF	КДНП / ADICP	КДК / ADF	КДНП / ADICP
Кострец безостый / Bromus	Трава / Grass	26,97	1,26	32,09	1,05	40,04	0,96
	Силос / Silage	33,08	1,27	36,64	0,92	41,39	0,88
	Сенаж / Haylage	30,07	1,05	42,77	1,27	44,38	0,85
Овсяница луговая / Festuca	Трава / Grass	26,50	0,96	36,01	1,36	45,76	1,58
	Силос / Silage	30,68	1,03	40,87	0,96	42,36	1,01
	Сенаж / Haylage	30,07	0,83	42,77	0,92	42,50	0,93
Тимофеевка луговая / Timothy	Трава / Grass	30,08	1,18	36,40	1,27	42,70	1,36
	Силос / Silage	33,30	0,90	45,72	0,96	42,70	1,03
	Сенаж / Haylage	33,21	1,36	41,81	0,89	45,84	0,88

Силосование и сенажирование привело к значительному повышению содержания КДК в первые фазы роста трав, что тоже не сопровождалось увеличением КДНП. О том, что КДНП не является постоянной частью КДК сообщалось и в других исследованиях [12]. Однако в условиях опыта замечена некоторая

зависимость величины массовой доли КДНП в КДК от фазы роста и вида корма (табл. 2). Кострец безостый отличается более высокой долей КДНП в КДК в раннюю фазу роста. От ранней фазы роста трав ко времени цветения значительно снижался процент КДНП в составе КДК.

**Таблица 2 – Массовая доля КДНП в КДК, % /
Table 2 – Mass fraction of ADICP in ADF, %**

Вид травы / grass type	Фаза роста / growth phase	Массовая доля КДНП в КДК / Mass fraction of ADICP in ADF		
		трава / gras	силос / silage	сенаж / haylage
Кострец безостый / Bromus	Выход в трубку / Shooting	4,7	3,8	3,5
	Колошение / Earing	3,3	2,5	3,0
	Цветение / Flowering	2,4	2,1	1,9
Овсяница луговая / Festuca	Выход в трубку / Shooting	3,6	3,4	2,8
	Колошение / Earing	3,8	2,4	2,2
	Цветение / Flowering	3,4	2,4	2,2
Тимофеевка луговая / Timothy	Выход в трубку / Shooting	3,9	2,7	4,1
	Колошение / Earing	3,5	2,4	2,1
	Цветение / Flowering	3,2	2,4	1,9

Консервирование трав во все фазы их роста привело к увеличению КДК по сравнению с исходной травой, но в связи с более низкой концентрацией КДНП в КДК, чем в траве (табл. 2), массовая доля КДНП в сухом веществе силоса и сенажа была более низкой. Хотя в связи с особенностями технологии заготовки силоса вероятность теплового повреждения силоса более высокая, чем других видов кормов. Но это справедливо лишь при недостаточном уплотнении силоса во время его закладки и при длительном во времени заполнении траншеи или башни, когда имеет место повышенная инфильтрация воздуха в силосуемую массу. В то же время сообщается, что в силосах, полученных при отсутствии повышения температуры вследствие дыхания, не было найдено существенного содержания продуктов реакции Майларда [13]. В наших опытах силос и сенаж готовили для научных целей с тщательным

соблюдением технологии. Возможно поэтому не отмечено более высокого содержания КДНП по сравнению с исходной травой в сухом веществе силоса и сенажа, оно было даже несколько ниже.

Общепринято оценивать уровень КДНП по его доле в СП, так как этот показатель имеет практическое значение для корректировки содержания протеина в кормах и рационах, учитывая, что часть его недоступна животным. В травах в фазу «выход в трубку» при высоком содержании СП доля КДНП в СП сравнительно невысокая (табл. 3). По мере роста растений снижается уровень СП в них и при этом повышается доля КДНП в СП, которая ко времени цветения в траве овсяницы луговой и тимофеевки луговой достигает 16,1 и 17,6 % соответственно. В [14] также сообщается о наименьшем проценте КДНП в СП в более ранние фазы роста трав.

Таблица 3 – Массовая доля КДНП в сыром протеине (СП) /
 Table 3 – Mass fraction of ADICP in crude protein (CP)

Вид травы / Grass type	Вид корма / Feed type	Фаза роста / Growth phase					
		выход в трубку / shooting		колошение / earing		цветение / flowering	
		СП, % с.в./ CP, % d. m.	доля КДНП в СП, %/ mass fraction of ADICP in CP, %	СП, % с.в./ CP, % d. m.	доля КДНП в СП, %/ mass fraction of ADICP in CP, %	СП, % с.в./ CP, % d. m.	доля КДНП в СП, %/ mass fraction of ADICP in CP, %
Кострец безостый / Bromus	Трава / Grass	22,25	5,7	13,25	7,9	8,12	11,8
	Силос / Silage	20,81	6,1	13,94	6,6	9,25	9,4
	Сенаж / Haylage	17,56	6,0	14,12	9,0	8,44	10,0
Овсяница луговая / Festuca	Трава / Grass	16,75	5,0	11,94	11,4	9,81	16,1
	Силос / Silage	17,31	6,0	11,88	7,6	11,25	8,9
	Сенаж / Haylage	18,12	4,6	12,88	7,1	9,38	9,9
Тимофеев- ка луговая / Timothy	Трава / Grass	13,94	8,5	11,81	10,7	7,69	17,6
	Силос / Silage	14,06	6,4	10,06	9,6	9,38	9,5
	Сенаж / Haylage	14,75	6,2	11,44	9,0	8,44	10,4

Связь между СП и доли в нем КДНП достаточно тесная (рис.). Коэффициенты корреляции между этими показателями составили -0,83; -0,88 и -0,92 для трав, силоса и сенажа соответственно. Доля КДНП в СП силоса и

сенажа по мере роста трав также возрастала, но он во все фазы остается ниже, чем в травах. Исходя из приведенных данных, можно предполагать, что консервированные травы при соблюдении технологии их заготовки подвер-

жены тепловому повреждению в меньшей степени, чем свежая трава, высушенная при 60 °С, хотя пробы силоса и сенажа сушили при этой же температуре. Возможно, это связано с различиями в углеводном и протеиновом составе свежей и консервированной травы. Так, отмечается, что при соответствующей скорости ферментации травяной массы снижается содержание в ней водорастворимых углеводов,

участвующих в реакции Майларда [13]. С более низкой скоростью ферментации и также с меньшей способностью к уплотнению связывают повышенную чувствительность к тепловому повреждению силоса с более высоким содержанием сухого вещества. Силос из люцерны с содержанием сухого вещества >35 % чувствительнее к тепловому повреждению, чем травы с более высоким содержанием влаги [15].

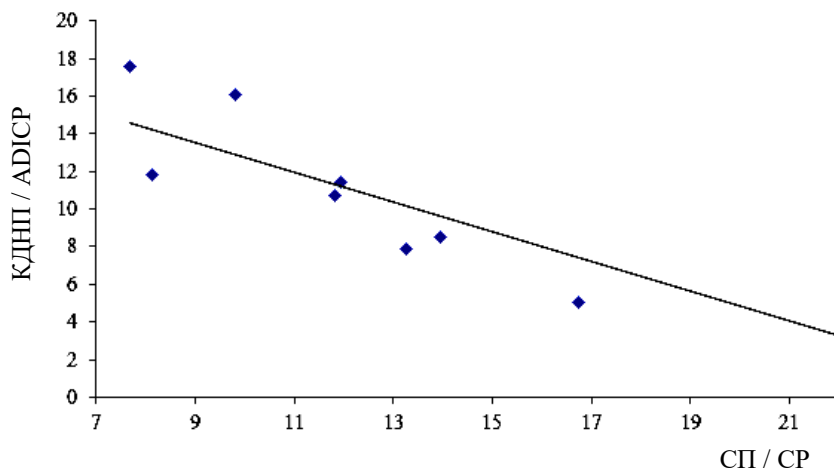


Рис. Зависимость доли КДНП от содержания СП в исходных травах, % /

Fig. The dependence of the proportion of ADICP on the content of CP in the original grasses, %

Полученные нами результаты сопоставимы с имеющимися в литературе данными по уровню КДНП в злаковых травах и обратной зависимости его доли в СП от содержания СП [14]. Что касается силоса, то сообщается, что уровень теплового повреждения зависит от различных факторов, как вида силосуемой культуры, типа силосохранилища, влажности силосуемой массы, длины резки и других [16]. В зависимости от них, из 146 проб силоса, взятых на фермах провинции Онтарио, в 25 пробах содержание КДНП превышало 1,8 % в сухом веществе, что показывает на их тепловое повреждение. Остальной силос был хорошего качества. В то же время на некоторых сельскохозяйственных предприятиях Белоруссии в образцах злакового силоса КДНП превышал 30 % СП [17]. Поэтому в лабораториях по оценке качества кормов, наряду с СП, рекомендуется определять и КДНП в его составе.

Закключение. Изучено содержание КДНП в сухом веществе многолетних злаковых трав

в зависимости от фазы роста, а также в силосе и сенаже, приготовленных из трав тех же фаз роста. Установлено, что по мере роста трав наблюдается возрастание содержания КДНП в траве овсяницы луговой от 1,26 до 1,58 % в сухом веществе в фазы выхода в трубку и цветения соответственно. В траве тимopheевки луговой эти же показатели составили 1,18 и 1,36 %. Кострец безостый отличается от других видов трав: в нем по мере роста не происходит накопления КДНП. Силос и сенаж в условиях опыта не отличались от исходной травы более высоким уровнем теплового повреждения: в большинстве случаев содержание КДНП в них не превышало 1,0 % в сухом веществе. Поскольку по мере роста трав происходит значительное снижение в них уровня СП и увеличение в нем доли КДНП, наблюдается тесная обратная зависимость между СП и доли в нем КДНП. Коэффициенты корреляции между этими показателями составили -0,83; -0,88 и -0,92, для трав, силоса и сенажа соответственно.

References

1. Van Soest P. J. Use of detergents in analysis of fibrous feeds. III. Study of effects of heating and drying on yield of fiber and lignin of forages. Journal of the A.O.A.C. 1965;48(4):785-790.
URL: <https://academic.oup.com/jaoac/article-abstract/48/4/785/5729656>
2. Goering H. K., Gordon C. H., Hemken R. W., Waldo D. R., Van Soest P. J., Smith L. W. Analytical estimates of nitrogen digestibility in heat damaged forages. J. Dairy Sci. 1972;55(9):1275-1280.
DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(72\)85661-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(72)85661-3)

3. Weiss W. P., Conrad H. R., St. Pierre N. R. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient value of forages and concentrates. *J. Animal feed Sci. and Tech.* 1992;39(1-2):95-110. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(92\)90034-4](https://doi.org/10.1016/0377-8401(92)90034-4)
4. Coblenz W. K., Hoffman P. C. Effects of spontaneous heating on fiber composition, fiber digestibility, and in situ disappearance kinetics of neutral detergent fiber for alfalfa-orchardgrass hays. *J. Dairy Sci.* 2009;92(6):2875-2895. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1921>
5. Coblenz W. K., Hoffman P. C., Martin N. P. Effects of spontaneous heating on forage protein fractions and in situ disappearance kinetics of crude protein for alfalfa-orchardgrass hays packaged in large round bales. *J. Dairy Sci.* 2010;93(3):1148-1169. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2701>
6. Coblenz W. K., Hoffman P. C. Effects of spontaneously heating on estimates of TDN for alfalfa-orchardgrass hays packaged in large-round bales. *J. Dairy Sci.* 2010;93(7):3377-3389. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3133>
7. Федоренко Н. Н., Федоренко В. Ф. Качественный состав кормов в зависимости от степени теплового воздействия в процессе их приготовления. *Сельскохозяйственная биология.* 1987;22(7):76-82.
Fedorenko N. N., Fedorenko V. F. *Kachestvennyy sostav kormov v zavisimosti ot stepeni teplovogo vozdeystviya v protsesse ikh prigotovleniya.* [The qualitative composition of the feed, depending on the degree of thermal action in the process of its preparation]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology.* 1987;22(7):76-82. (In Russ.).
8. Попов В. В., Федоренко Н. Н. Изучение питательности силоса в зависимости от интенсивности самосогревания. *Животноводство.* 1985;12:52-54.
Popov V. V., Fedorenko N. N. *Izucheniye pitatel'nosti silosa v zavisimosti ot intensivnosti samosogrevaniya.* [Study of the nutritional value of silage depending on the intensity of self-heating]. *Zhivotnovodstvo.* 1985;12:52-54. (In Russ.).
9. Schroeder J. W. Forage nutrition for ruminants. NDSU extension dairy specialist. AS-1250, 2018. 22 p. URL: <https://www.ag.ndsu.edu/publications/livestock/quality-forage-series-forage-nutrition-for-ruminants>
10. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001. Washington, DC: The National Academies Press. 405 p. DOI: <https://doi.org/10.17226/9825>
11. Mertens D. R. Adjusting heat-damaged protein to a CP basis. *J. Animal Sci.* 1979;42:259.
12. Krishnamoorthy U., Muscato T. V., Sniffen C. J., Van Soest P. J. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 1982;65(2):217-225. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82180-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82180-2)
13. Rooke John A., Hatfield Ronald D. Biochemistry of Ensiling. 2003. p. 139.
URL: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2404&context=usdaarsfacpub>
14. Sanderson Matt A. Nitrogen composition of herbage in relation to the ruminant animal. Retrospective Theses and Dissertations. 1987. 132 p. DOI: <https://doi.org/10.31274/rtid-180813-9103>
15. Garsia Alvaro. Heat Damage in Alfalfa Silage. Extension Extra Paper. 2005. 130 p.
URL: http://openprairie.sdstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1129&context=extension_extra
16. Gallagher D. W., Stevenson K. R. Heat damage in hay-crop silage. Ministry of Agriculture and Food. 1976; 76-007. URL: <https://www.plant.uoguelph.ca/sites/plant.uoguelph.ca/files/forages/documents/S4-Heat%20damage%20in%20hay%20crop%20silage-76-007.pdf>
17. Лапотко А. Доступный белок для дойных коров. Белорусское сельское хозяйство. 2015;(11(163)). Режим доступа: <http://agriculture.by/articles/zhivotnovodstvo/dostupnyj-belok-dlja-dojnyh-korov>
Lapotka A. *Dostupnyy belok dlya doynykh korov.* [Affordable protein for dairy cows]. *Belorusskoe sel'skoe khozyaystvo = Belarusian agriculture.* 2015;(11(163)). (In Belarus).
URL: <http://agriculture.by/articles/zhivotnovodstvo/dostupnyj-belok-dlja-dojnyh-korov>

Сведения об авторах

✉ Косолапов Владимир Михайлович, доктор с.-х. наук, академик РАН, директор, ФГНБУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии», Научный городок, корпус 1, г. Лобня, Московская область, Российская Федерация, 141055, e-mail: vnii.kormov@yandex.ru,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3480-3464>

Худякова Хатима Каримовна, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физико-химических исследований, ФГНБУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии», Научный городок, корпус 1, г. Лобня, Московская область, 141055, e-mail: vnii.kormov@yandex.ru,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2738-3438>

Information about the authors

✉ Wladimir M. Kosolapov, DSc in Agricultural science, academician of RAS, Head of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Nauchny Gorodok, building 1, Lobnya, Moscow region, Russian Federation, 141055, e-mail: vnii.kormov@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3480-3464>
Hatima K. Khudyakova, PhD in Agricultural science, leading researcher, the Laboratory of physical and chemical studies, the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Nauchny Gorodok, building 1, Lobnya, Moscow region, Russian Federation, 141055, e-mail: vnii.kormov@yandex.ru,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2738-3438>

✉ – Для контактов / Corresponding author