

Качество клетчатки и эффективность ее использования в рационах голштин-холмогорских коров

Л. Н. Кузьмина¹, А. П. Карташова¹

¹Мурманская государственная сельскохозяйственная опытная станция, Молочный, Россия

[✉]E-mail: research-station@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования – определить оптимальный уровень клетчатки и ее фракций – нейтральнодетергентной (НДК) и кислотдетергентной (КДК) в рационах коров с удоем 6–7 тыс. кг молока по периодам физиологического цикла. Научно-хозяйственный опыт проведен на двух группах коров (контрольная и опытная) по 10 голов в каждой в течение всей лактации. Рацион коров контрольной группы соответствовал хозяйственному. При определении сырой клетчатки в кормах нет достаточно точного показателя содержания клетчатки и ее фракций. Поэтому в исследованиях использовался разработанный метод фракционирования структурных углеводов (Van Soest et al.). **В результате проведенных исследований** определен оптимальный уровень сырой клетчатки и ее фракций НДК и КДК в рационах коров по периодам физиологического цикла. Установлено, что в период I фазы лактации (14–100 дней) уровень сырой клетчатки должен составлять 20,5 %, НДК – 40,0 %, КДК – 25,0 %. Во II фазе лактации (101–200 дней) содержание сырой клетчатки – 22,5 %; НДК – 41,3 %; КДК – 23,6 %. В период III фазы лактации (201–305 дней) уровень сырой клетчатки должен быть в пределах 25,0 %, НДК – 45,4 %, КДК – 25,4 %. **Новизна исследований** заключается в том, что впервые в условиях Заполярья установлена потребность молочных коров в сырой клетчатке по физиологическим периодам с учетом НДК и КДК. Разделение клетчатки на фракции дает возможность более полно раскрыть ее состав и, следовательно, более точно определить переваривание в желудочно-кишечном тракте жвачных животных каждой ее фракции в отдельности, установить ее вклад в обеспечении животных энергией.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, нейтрально-детергентная клетчатка (НДК), кислотно-детергентная клетчатка (КДК), рацион, сырая клетчатка, переваримость.

Для цитирования: Кузьмина Л. Н., Карташова А. П. Качество клетчатки и эффективность ее использования в рационах голштин-холмогорских коров // Аграрный вестник Урала. 2020. № 07 (198). С. 56–64. DOI: ...

Дата поступления статьи: 04.05.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Повышение генетического потенциала продуктивности молочного скота в Мурманской области оказало влияние на потребность животных в питательных веществах. Необходимость уточнить ее связана с совершенствованием кормления. Уровень клетчатки в рационе влияет на переваримость, потребление кормов, эффективность использования питательных веществ. Главной составной частью грубых кормов являются структурные углеводы [1, с. 15], [2, с. 1], [3, с. 4475].

Сбраживание клетчатки в рубце ведет к образованию больших количеств летучих жирных кислот (ЛЖК). По расчетам Бэлча, валовая энергетическая ценность ЛЖК, образованных в течение суток в рубце коровы, составляет 8140–17 980 ккал [4, с. 361].

Клетчатка имеет большое значение как объемистый и медленно переваривающийся субстрат, необходимый для нормальной моторики наряду с питательной ценностью [5, с. 164], [6, с. 139].

Переваривание клетчатки нельзя рассматривать изолированно от процессов расщепления других питательных веществ. В расщеплении клетчатки в отличие от процесса ферментации других компонентов корма существуют свои

особенности, которые обусловлены ее структурой, типом кормления животного и характером бактериальной ферментации корма в желудочно-кишечном тракте жвачных [7, с. 121], [8, с. 123], [9, с. 21], [10, с. 4172], [11, с. 96].

Переваривание клетчатки в рубце жвачных зависит от многих факторов. Важный фактор, отрицательно сказывающийся на переваривании клетчатки, – степень лигнификации растений. Переваривание такой клетчатки можно представить, как если бы она состояла из двух компонентов: одного – потенциально переваримого, другого – непереваримого [12, с. 30], [13, с. 8119].

Как отмечают С. В. Воробьева и др. [14]: «Негативной стороной показателя сырой клетчатки является то, что с увеличением ее уровня в рационе происходит снижение переваримости, а значит, и энергетической ценности корма. Однако жвачные животные в состоянии переваривать большое количество гемицеллюлоз и целлюлозы кормов. А их возможность переваривать сырую клетчатку ограничивается объемом желудочно-кишечного тракта и содержанием лигнина в рационе. Таким образом, сырая клетчатка дает лишь приблизительное представление о различиях в степени переваримости кормов.

Второй серьезной проблемой является то, что в процессе химического анализа корма под действием кислот и щелочей часть гемицеллюлоз, целлюлозы и лигнина растворяется, фильтруется и при подсчете учитывается в БЭВ. Таким образом, истинная картина содержания углеводов искажается.

Исследованиями лаборатории физиологии ВИЖ установлено, что сырая клетчатка различных кормов, кала и дуоденального химуса включает в себя от 83 до 96 % целлюлозы, от 6 до 25 % гемицеллюлоз и до 33 % лигнина. В ходе определения клетчатки установлено, что в БЭВ переходят от 4 до 17 % целлюлозы, от 77 до 94 % гемицеллюлоз и от 68 до 100 % лигнина сухого вещества образца.

Исследования показали, что содержание гемицеллюлоз и целлюлозы в кормах в сумме составляет 46–60 %, что значительно превышает количество определяемой сырой клетчатки (28–35 %). Недостатки в методике определения послужили причиной для разработки новых систем анализа, что и было предложено в 1965 году».

Ван Соест и Мур предложили схему анализа, в которой наиболее наглядно представлены характеристики питательности корма. Согласно этой схеме, в корме различают клеточное содержимое и клеточные стенки, а последние – по другим составным элементам. При обработке корма нейтральным детергентом содержимое клеток (липиды, сахара, крахмал, органические кислоты, растворимые протеины, пектины) растворяются в этом детергенте. Оставшаяся волокнистая фракция, содержащая клеточные стенки, представляет собой нейтрально-детергентную клетчатку (НДК), которая состоит из гемицеллюлоз, целлюлозы и лигнина. Затем, при обработке нерастворенного в нейтральном детергенте осадка кислотным детергентом растворяются гемицеллюлозы. Получившийся осадок (лигнин и целлюлоза) представляет собой кислотно-детергентную клетчатку (КДК) [15, с. 3583].

«Для оценки структурности корма в разных странах используют разные показатели. В Германии для этого используют прежде всего показатель сырой клетчатки (международное обозначение XF) и содержание в ней структурной клетчатки (Sxf), а также показатель структуры корма (SW). В англоговорящей среде используются фракции сырой клетчатки – нейтрально-детергентная клетчатка (NDF), кислотно-детергентная клетчатка (ADF) и кислотно-детергентный лигнин (ADL)» [16].

Хотя НДК и КДК превосходят сырую клетчатку при оценке качества кормов, исследования по этим фракциям клетчатки противоречивы, практическое использование данных показателей в кормлении ограничено [17, с. 82].

По данным известных ученых (Е. Л. Харитонов и др.), в период раздоя (14–100 дней) содержание НДК в рационах коров при продуктивности 6500 кг молока должно быть в пределах 35–40 %, во второй фазе лактации (101–200 дней) – 43–45 %, в период третьей фазы (201–305 дней) – 47 %, в сухостойном периоде – 45–48 %. Вопрос об оптимальном количестве клетчатки для молочных коров по периодам физиологического цикла в настоящее время остается актуальным [18, с. 9].

Методология и методы исследования (Methods)

Целью исследований было установление оптимального уровня клетчатки и ее фракций – нейтрально-детергентной (НДК) и кислотно-детергентной (КДК) – в рационах голштин-холмогорских коров с удоем 6–7 тыс. кг молока по периодам физиологического цикла.

Исследования проводились в базовом хозяйстве ООО «Полярная звезда» на коровах и в химико-аналитической лаборатории опытной станции. Было сформировано 2 группы коров по 10 голов в каждой по принципу парных аналогов.

Разный уровень НДК и КДК в рационах создавали путем подбора кормов с учетом доступности к перевариванию. Все корма исследованы на полный зоотехнический анализ по общепринятым методикам.

В кале коров, как и в кормах, проведен полный зоотехнический анализ.

Контроль над клиническим состоянием животных определяли путем взятия крови на биохимический анализ, а также путем исследования мочи. В молоке определяли белок, жир.

Рубцовое содержимое брали от подопытных коров с помощью резинового шланга в период балансового опыта.

Целлюлозолитическую активность микрофлоры желудка определяли по методу Хендерсона, Хорвата и Блока в модификации Чюрлиса.

НДК и КДК определяли по методу Ван Соеста и Саутгейта в модификации Н. Н. Семиной.

Результаты (Results)

Рацион сухостойных коров соответствовал нормам кормления сельскохозяйственных животных [19, с. 42]. В составе рациона 20 % грубых кормов, 20 % силоса, 47 % концентрированных кормов, прочие корма составляли 13 %. В рационе содержалось 13,0 кг сухого вещества, 2900 г сырой клетчатки, 1810 г сырого протеина, 365 г сырого жира, 12,3 кормовых единиц, 142, МДж обменной энергии. Уровень сырого протеина в сухом веществе составлял 13,8 %, уровень сырой клетчатки – 22,3 %. Нейтрально-детергентная клетчатка составляла 39,6 %, кислотно-детергентная клетчатка – 25,3 %, по сухому веществу.

После отела, в период I фазы лактации, рацион коров I опытной группы состоял из 11,2 % грубых кормов, 21,3 % сочных, 49,0 % концентрированных кормов, прочие корма составляли 18,5 %. В рационе содержалось 18,04 кг сухого вещества, 3769 г сырой клетчатки, 2624 г сырого протеина, 660 г сырого жира, 16,5 кормовых единиц, 166,6 МДж обменной энергии. Уровень сырого протеина в сухом веществе составлял 14,5 %, сырой клетчатки – 20,5 %. Нейтрально-детергентная клетчатка составляла 40,0 %, кислотно-детергентная клетчатка – 25,0 % по сухому веществу. Рацион коров II контрольной группы состоял из 8,8 % грубых кормов, 9,9 % сочных, 60 % концентрированных кормов, прочие корма составляли 21,3 %. В рационе содержалось 17,84 кг сухого вещества, 3142 г сырой клетчатки, 2594 г сырого протеина, 640 г сырого жира, 15,10 кормовых единиц, 163,5 МДж обменной энергии. Уровень сырого протеина в сухом веществе составлял 14,7 %, сырой клетчатки – 17 %. Нейтрально-детергентная клетчатка составляла 35,0 %, кислотно-детергентная клет-

чатка – 20,0 % по сухому веществу. Рационы коров I и II групп отличались по уровню сырой клетчатки, нейтрально-детергентной и кислотного-детергентной клетчатки. По остальным показателям рационы были практически одинаковыми.

Результаты опыта показали, что в период первой фазы лактации животные опытной группы потребили на 6,12 % больше сухого вещества, чем в контроле, т. е. рацион с уровнем НДК 40 % и КДК 25 % оказался наиболее оптимальным.

Сухое вещество отражает общий объем рациона. Объемистые корма в рационе коров опытной группы составляли 46,9 % от общего количества сухого вещества рациона, в контрольной – 29,7 %.

На повышение продуктивности коров и полезное использование кормов большое влияние оказали не только уровень, но и структура сухого вещества рациона. В нашем опыте оптимальной оказалась структура сухого вещества в рационах коров I группы, где сено составляло 20,6 %, силос – 26,35 %, комбикорм – 35,49 %, пивная дробина – 7,44 %, патока – 8,05 %, рыбная мука – 2,11 % (таблица 1).

Переваримость сырой клетчатки, НДК была достоверно выше у животных опытной группы ($P < 0,05$). Это, по-видимому, связано с тем, что повышение концентрированных кормов в рационе коров контрольной группы до 60 % привело к угнетению целлюлозолитической активности рубцового содержимого и в итоге к снижению переваримости клетчатки. Переваримость остальных питательных веществ в обеих группах была практически одинаковой (таблица 2).

Разный уровень нейтрально-детергентной и кислотного-детергентной клетчатки повлиял на продуктивность коров. Рацион с уровнем НДК 40,0 % и КДК 25,0 % способствовал повышению удоя, жира и белка в молоке коров I опытной группы. В опытной группе на 1 голову в сутки получено 22,81 кг молока жирностью 3,68 %, в контрольной группе – 21,77 кг молока с содержанием жира 3,56 %. Содержание белка в молоке коров опытной группы было выше на 0,09 %. (таблица 3).

В пересчете на 4-процентное молоко от коров опытной группы дополнительно получено 1,38 кг на 1 голову в сутки. Затраты кормовых единиц на 1 кг 4-процентного молока составили в I группе 0,75 кормовых единиц, во II – 0,80 кормовых единиц.

Таблица 1

Структура сухого вещества рационов подопытных коров в период первой фазы лактации, %

Корма	I группа – опытная (40 % НДК)	II группа – контрольная (35 % НДК)
Сено луговое	20,56	16,96
Силос из многолетних трав	26,35	12,71
Комбикорм	35,49	49,01
Патока свекловичная	8,05	8,55
Пивная дробина	7,44	11,84
Рыбная мука	2,11	0,93
Сухое вещество, кг	19,04	18,84

Table 1

Dry matter structure of rations for experimental cows during first phase lactation, %

Feeds	I group – experimental (40 % of NDF)	II group – control (35 % of NDF)
Meadow hay	20.56	16.96
Perennial grasses silage	26.35	12.71
Mixed feed	35.49	49.01
Beet molasses	8.05	8.55
Brewer's grains	7.44	11.84
Fish meal	2.11	0.93
Dry matter, kg	19.04	18.84

Таблица 2

Коэффициенты переваримости питательных веществ рационов подопытных коров в период первой фазы лактации, %

Группы коров	Сырая клетчатка	НДК	КДК	Органическое вещество
I группа – опытная	53,32 ± 1,60*	61,34 ± 0,73*	58,28 ± 1,22	69,12 ± 1,21
II группа – контрольная	46,53 ± 0,40	57,57 ± 0,93	54,37 ± 1,10	67,95 ± 0,45

Примечание: * $P < 0,05$.

Table 2

Digestibility coefficient of ration nutrients for experimental cows during first phase lactation, %

Groups of cows	Crude fiber	NDF	ADF	Organic substance
I group – experimental	53.32 ± 1.60*	61.34 ± 0.73*	58.28 ± 1.22	69.12 ± 1.21
II group – control	46.53 ± 0.40	57.57 ± 0.93	54.37 ± 1.10	67.95 ± 0.45

Note: * $P < 0,05$.

Таким образом, наиболее оптимальными для коров в период первой фазы были рационы с уровнем сырой клетчатки 20,5 %, НДК – 40,0 %, КДК – 25,0 %.

В период второй фазы лактации рацион коров опытной группы состоял из 12,2 % грубых кормов, 31,88 % сочных кормов, 39,33 % концентрированных и 16,67 % прочих кормов. В рационе содержалось 16,98 кг сухого вещества, 3818 г сырой клетчатки, 2411 г сырого протеина, 545 г сырого жира, 15,18 кг кормовых единиц, 163,9 МДж обменной энергии. Уровень сырого протеина в сухом веществе составлял 14,0 %, сырой клетчатки 22,5 %. Нейтрально-детергентная клетчатка составляла 41,3 %, кислотно-детергентная клетчатка – 23,6 % по сухому веществу. Рацион коров контрольной группы состоял из 12,28 % грубых кормов, 36,92 % сочных, 37,65 % концентрированных, прочие корма составляли 13,15 %. В рационе содержалось 17,13 кг сухого вещества, 4395 г сырой клетчатки, 2424 г сырого протеина, 586 г сырого жира, 15,10 кг кормовых единиц, 163,5 МДж обменной энергии. Уровень сырого протеина в сухом веществе составлял 14,0 %, сырой

клетчатки – 25,6 %. Нейтрально-детергентная клетчатка составляла 45,0 %, кислотно-детергентная клетчатка – 25,0 % по сухому веществу. Рационы коров опытной и контрольной групп отличались уровнем сырой клетчатки, нейтрально-детергентной и кислотно-детергентной клетчатки, а также по уровню сухого вещества объемистых кормов. По остальным показателям рационы были практически одинаковыми.

В таблице 4 представлены данные по содержанию структурных углеводов в кормах и кале коров.

Химический анализ объемистых кормов показал, что в 1 кг силоса из многолетних трав содержится 118,2 г нейтрально-детергентной клетчатки, 64,3 г кислотно-детергентной клетчатки. В 1 кг сена разнотравного содержится 474,7 г нейтрально-детергентной и 283,5 г кислотно-детергентной клетчатки.

В результате проведенного опыта по переваримости нами установлено, что у коров опытной группы, которые находились на рационе с более низким уровнем кислотно-детергентной клетчатки, переваримость питательных

Таблица 3
Продуктивность подопытных коров в период первой фазы лактации

Группы коров	Удой, кг	Молочный жир, %	4-процентное молоко	Белок, %	Корм. ед. на 1 кг 4-процентного молока
I группа – опытная	22,81 ± 0,24	3,68 ± 0,06	21,71 ± 0,31*	2,91	0,75
II группа – контрольная	21,77 ± 0,32	3,56 ± 0,05	20,33 ± 0,26	3,00	0,80

Примечание: * $P < 0,05$.

Table 3
Productivity of experimental cows during first phase lactation

Groups of cows	Milk yield, kg	Milk fat, %	4 % milk	Protein, %	Feed unit per 1 kg of 4 % milk
I group – experimental	22.81 ± 0.24	3.68 ± 0.06	21.71 ± 0.31*	2.91	0.75
II group – control	21.77 ± 0.32	3.56 ± 0.05	20.33 ± 0.26	3.00	0.80

* $P < 0,05$.

Таблица 4
Содержание структурных углеводов в кормах, кале коров в период опыта, %

Исследуемый материал	Нейтрально-детергентная клетчатка (НДК)	Кислотно-детергентная клетчатка (КДК)
Сено разнотравное	57,6	34,4
Силос из многолетних трав	60,0	32,2
Комбикорм для дойных коров	25,4	10,5
Пивная дробина	42,2	33,4
Картофель	15,5	9,6
Шрот подсолнечный	38,0	27,0
Кал коров	51,1–53,6	38,7–39,2

Table 4
Content of structure carbohydrates in feeds and fecal of cows during experiment, %

Investigate substance	Neutral Detergent Fiber (NDF)	Acid Detergent Fiber (ADF)
Motley grasses hay	57.6	34.4
Perennial grasses silage	60.0	32.2
Mixed feed for dairy cow	25.4	10.5
Brewer's grains	42.2	33.4
Potato	15.5	9.6
Sunflower meal	38.0	27.0
Fecal of cow	51.1–53.6	38.7–39.2

веществ была выше, чем у коров контрольной группы. Так, например, переваримость сырого протеина в I группе была выше на 2,93 %, сухого вещества – на 3,80 %, органического вещества – на 3,99 %, нейтрально-детергентной клетчатки – на 6,78 %, кислотно детергентной клетчатки – на 2,72 %.

Потребление сухого вещества рациона было практически одинаковым у коров опытной и контрольной групп и составило 17,0 кг на 1 голову в сутки. Это, по-видимому, связано с тем, что в период пика лактации животное покрывает расход питательных веществ на образование молока за счет кормов рациона и путем мобилизации жировых депо организма, а во второй фазе лактации идет восстановление израсходованных питательных веществ организма, причем очень интенсивное, и пик потребления кормов преобладает над пиком лактации. Таким образом, повышение уровня сырой клетчатки, НДК и КДК более 22,5 %, 41,3 % и 23,6 % нецелесообразно, так как оно не способствует увеличению потребления сухого вещества рациона, но снижает переваримость питательных веществ рациона.

Разный уровень НДК и КДК в рационах коров I и II групп повлиял на структуру сухого вещества, имеющую большое значение в использовании кормов. В нашем опыте оптимальной оказалась структура сухого вещества рациона коров опытной группы, где сено составляло 21,8 %, силос – 25,5 %, комбикорм – 25,8 %, пивная дробина – 11,8 %, патока – 6,4 %, шрот соевый – 2,5 %, картофель – 6,1 %.

Объемистые корма в рационе коров I группы занимали 47,3 % от общего количества сухого вещества рациона, во II группе они составляли 58,0 %.

В таблице 5 представлены данные по содержанию общего азота в моче и белка в молоке подопытных коров.

Потери азота с мочой из организма животных были больше у коров II группы – 1050 мг% против 805 мг%. Содержание белка в молоке коров было больше на 0,25 % в опытной группе. В проведенных ранее опытах нами установлено, что эффективность использования азота кормов жвачными животными в значительной степени зависит от расщепляемости протеина кормов в рубце. Для максимального синтеза микробного протеина и максимальной переваримости клетчатки необходим определенный уровень растворимого азота. Избыточный растворимый протеин выводится и, таким образом, оказывается бесполезным для коров. Более низкая расщепляемость протеина рациона коров I группы, которая составила 60,0 % по сравнению с 64-процентной расщепляемостью рациона коров II группы, способствовала повышению эффективности использования азота кормов.

Лучшее использование питательных веществ рациона животными I группы нашло отражение в молочной продуктивности. Рацион с уровнем НДК, равным 41,3 % и КДК 23,6 %, способствовал повышению удоя и процента белка в молоке (таблица 6).

В опытной группе на 1 голову в сутки получено 20,47 кг молока жирностью 3,58 %, а в контрольной группе – 19,05 кг с содержанием жира 3,56 %. В расчете на 4-процентное молоко от коров I группы дополнительно получено 1,39 кг на 1 голову в сутки. Затраты кормовых единиц на 1 кг 4-процентного молока составили в I группе 0,79, во II – 0,85.

Исследования по количеству и качеству клетчатки продолжались в третьей фазе лактации. Снижение уровня кормления должно осуществляться за счет уменьшения в рационе концентрированных кормов, поэтому качество объемистых кормов должно быть таким, чтобы животные получали достаточное количество питательных веществ, необходимых для интенсивного роста плода и поддержания продуктивности коров.

Таблица 5
Содержание общего азота в моче и белка в молоке коров в опытный период

Группы коров	Общий азот, мг%	Белок в молоке, %
I группа – опытная	805,0 ± 39	3,25 ± 0,05
II группа – контрольная	1050,0 ± 64*	3,00 ± 0,08

Примечание: * P < 0,05.

Table 5
Content of total nitrogen in urine and protein in cow milk in the experimental period

Groups of cows	Total nitrogen, mg%	Milk protein, %
I group – experimental	805.0 ± 39	3.25 ± 0.05
II group – control	1050.0 ± 64*	3.00 ± 0.08

Note: * P < 0,05.

Таблица 6
Продуктивность подопытных коров в период второй фазы лактации

Группы коров	Удой, кг	% жира	4-процентное молоко	Корм. ед. на 1 кг 4-процентного молока
I группа – опытная	20.47 ± 0.36	3.58 ± 0.04	19.18 ± 0.31	0.79
II группа – контрольная	19.05 ± 0.32	3.51 ± 0.05	17.79 ± 0.29	0.85

Table 6
Productivity of experimental cows during second phase lactation

Groups of cows	Milk yield, kg	Milk fat, %	4 % milk	Feed unit per 1 kg of 4 % milk
I group – experimental	20.47 ± 0.36	3.58 ± 0.04	19.18 ± 0.31	0.79
II group – control	19.05 ± 0.32	3.51 ± 0.05	17.79 ± 0.29	0.85

Рацион коров опытной группы состоял из 12,5 % грубых кормов, 34,8 % сочных кормов, 31,4 % концентрированных и 21,3 % прочих кормов. В рационе содержалось 13,13 кг сухого вещества, 3274 г сырой клетчатки, 1600 г сырого протеина, 417,5 г сырого жира, 11,47 кг кормовых единиц, 127,0 МДж обменной энергии. Уровень сырого протеина в сухом веществе составлял 12,2 %, сырой клетчатки – 25,0 %. Нейтрально-детергентная клетчатка составляла 45,4 %, кислотно-детергентная клетчатка – 25,4 % по сухому веществу рациона. Рацион коров контрольной группы состоял из 12,4 % грубых кормов, 21,4 % сочных кормов, 42,8 % концентрированных кормов, прочие корма составляли 23,4 %. В рационе содержалось 12,97 кг сухого вещества, 2703 г сырой клетчатки, 1625 г сырого протеина, 393 г сырого жира, 11,56 кг кормовых единиц, 128,9 МДж обменной энергии. Уровень сырого протеина в сухом веществе составлял 12,8 %, сырой клетчатки – 21,3 %. Нейтрально-детергентная клетчатка составляла 41,2 %, кислотно-детергентная клетчатка – 23,1 % по сухому веществу рациона. Рационы коров опытной и контрольной группы отличались уровнем сырой клетчатки, нейтрально-детергентной и кислотно-детергентной клетчатки, а также по сухому веществу объемистых кормов. Результаты исследований показали, что потребление кормов животными опытной и контрольной групп было неодинаковым. Животные опытной группы на 3,6 % потребовали больше кормов, чем в контроле. Нами установлено, что в последние 10 недель лактации увеличение живой массы подопытных коров составило в I группе 31,5 кг, во II – 30,6 кг. Среднесуточный прирост живой массы в I группе составил 450 г, во II – 437 г. Это указывает на то, что у животных обеих групп созданы необходимые резервы для будущей лактации.

Лучшее использование питательных веществ рациона животными I группы нашло отражение как в приросте живой массы, так и в молочной продуктивности. Рацион с уровнем НДК 45,4 % и КДК 25,4 % способствовал повышению удоя и процента жира в молоке коров I группы. В опытной группе получено на 1 голову в сутки 12,71 кг молока жирностью 3,63 %, в контрольной группе – 12,3 кг с содержанием жира 3,57 %. В пересчете на 4-процентное молоко от коров I группы дополнительно получено

0,5 кг на 1 голову в сутки. Затраты кормовых единиц на 1 кг 4-процентного молока составили в I группе 0,96, во II – 1,0. За период третьей фазы лактации от 1 коровы получено молока 4-процентной жирности в опытной группе 1200 кг, в контрольной – 1150 кг, т. е. в I группе на 4,3 % больше, чем во II.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате проведенных исследований определен оптимальный уровень сухого вещества, сырой клетчатки и ее фракций НДК и КДК в рационах коров с удоем 6–7 тыс. кг молока по периодам физиологического цикла. Установлено, что наиболее оптимальный уровень сырой клетчатки в период первой фазы лактации 20,5 %, НДК – 40,0 %, КДК – 25,0 %. Во второй фазе лактации – соответственно 22,5 %, 41,3 %, 23,6 %. В период третьей фазы лактации уровень сырой клетчатки должен быть на уровне 25,0 %, НДК – 45,4 %, КДК – 25,4 %.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что увеличение объемистых кормов в рационах коров в основном за счет силоса позволяет экономить более дорогостоящие концентрированные корма. Последнее весьма важно, т. к. силос – это корм местного производства и частичная замена им концентрированных кормов ведет к снижению себестоимости продукции.

Уменьшение в рационах коров концентрированных кормов за счет объемистых должно быть при условии их высокого качества с целью полного удовлетворения животных в питательных веществах.

Уровень НДК, равный 40,0 % в первой и 45,4 % в третьей фазах лактации, способствовал большему потреблению сухого вещества рациона – на 7,7 % и 3,6 %, соответственно.

Использование наиболее оптимальных рационов по содержанию сырой клетчатки, НДК и КДК позволило дополнительно получить на 1 голову в сутки в первой фазе лактации до 2,25 кг 4-процентного молока, во второй – до 2,09 кг, в третьей – 0,5 кг.

Увеличение объемистых кормов до 13 % в рационах коров и снижение концентрированных до 12 % в структуре сухого вещества рациона дает возможность экономии последних до 3,5 ц на 1 голову в год.

Библиографический список

1. Мошкина С. В., Абрамова Н. В., Колганова Т. Ю. Структурные углеводы в кормлении молочного скота: учебно-методическое пособие. Орел, 2016. 56 с.
2. Кузьмина Л. Н. Углеводное питание высокопродуктивных голштин-холмогорских коров с учетом качества кормов и их доступности // *Агрозоотехника*. 2019. Том 2. № 2. С. 1–8. DOI: 10.15838/alt.2019.2.2.5.
3. Fustini M., Palmonari A., Canestrari G. [et al.] Effect of undigested neutral detergent fiber content of alfalfa hay on lactating dairy cows: Feeding behavior, fiber digestibility, and lactation performance // *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100 (6). Pp. 4475–4483. DOI: 10.3168/jds.2016-12266.
4. Balch C. C. Factors affecting the utilization of food by dairy cows: I. The rate of passage of food through the digestive tract // *British Journal of Nutrition*. 1950. Vol. 4 (4). Pp. 361–366. DOI:10.1079/BJN19500060.
5. Маслюк А. Н., Токарева М. А. Эффективность оптимизации протеинового и углеводного питания высокопродуктивных коров // *Животноводство и кормопроизводство*. 2018. Т. 101. № 4. С. 164–171.
6. Филиппова О. Б., Кийко Е. И., Маслова Н. И. Рубцовое пищеварение у коров при различном составе кормовой смеси // *Вестник ВНИИМЖ*. 2017. № 4 (28). С. 139–144.
7. Муратова Н. С., Танифа В. В., Лукичев В. Л. Влияние структурных углеводов на молочную продуктивность и воспроизводительные качества коров // *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2016. № 4 (48). С. 121–125.

8. Сизова Ю. В. Влияние фракционного состава углеводов на молочную продуктивность коров // Инновационная наука. 2015. № 9. С. 123–126.
9. Волгин В. И., Романенко Л. В., Прохоренко П. Н. [и др.] Полноценное кормление молочного скота – основа реализации генетического потенциала продуктивности. М.: РАН, 2018. 260 с.
10. Miller-Cushon E. K., DeVries T.J. Feed sorting in dairy cattle: Causes, consequences, and management // Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100 (5). Pp. 4172–4183. DOI: 10.3168/jds.2016-11983.
11. Курепин А. А., Шорец Р. Д., Лемешевский В. О. Влияние соотношения НДК и КДК в рационах коров на микробиологические и ферментативные показатели рубцового пищеварения // Современное состояние, перспективы развития молочного животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы международной научно-практической конференции. Омск, 2016. С. 96–99.
12. Филинская О. В., Кеворкян С. А. Практические методы контроля полноценности кормления высокопродуктивных коров в условиях современного комплекса // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 4 (44). С. 30–36.
13. Raffrenato E., Fievisohn R., Cotanch K. W. [et al.] Effect of lignin linkages with other plant cell wall components on in vitro and in vivo neutral detergent fiber digestibility and rate of digestion of grass forages // Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100 (10). Pp. 8119–8131. DOI: 10.3168/jds.2016-12364.
14. Воробьева С. В., Боголюбова Н. В., Овчинникова Т. М. Методическое руководство по определению нейтрально-и кислотно-детергентной клетчатки в кормах и биологических средах и использованию этих фракций в кормлении крупного рогатого скота [Электронный ресурс]. URL: <http://agrokias.narod.ru/index/0-28> (дата обращения: 24.05.2020).
15. Van Soest P. J., Robertson J. B., Lewis B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition // Journal of Dairy Science. 1991. Vol. 74 (10). Pp. 3583–3597. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.
16. Три системы оценки структурности корма: сырая и структурная клетчатка, показатель структуры корма и NDF, ADF, ADL [Электронный ресурс] // SOFT-AGRO. 2015. URL: <https://soft-agro.com/krs-na-otkorme/tri-sistemy-ocenki-struktury-korma-syruya-i-strukturnaya-kletchatka-pokazatel-struktury-korma-i-ndf-adf-adl.html> (дата обращения: 24.05.2020).
17. Кузьмина Л. Н., Кузьмин С. С., Корбут О. В. Доступность к перевариванию клетчатки кормов и ее фракций в рационах голштин-холмогорских коров в условиях Европейского Севера // Генетика и разведение животных. 2018. № 1. С. 82–87. DOI: 10.31043/2410-2733-2018-1-82-87.
18. Харитонов Е. Л., Агафонов В. И., Харитонов Л. В. Методические рекомендации по совершенствованию и использованию кормовой базы в молочном скотоводстве Калужской области: практические рекомендации. Боровск, 2008. 55 с.
19. Калашников А. П., Фисинин В. И., Щеглов В. В., Клейменов Н. И. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. Изд. 3-е, перераб. и доп.. Москва, 2003. 456 с.

Об авторах:

Людмила Николаевна Кузьмина¹, старший научный сотрудник лаборатории научного обеспечения сельскохозяйственного производства, ORCID 0000-0002-3618-0977, AuthorID 359612; +7 921 513-98-67, +7 (8155) 37-13-24, research-station@yandex.ru

Анастасия Петровна Карташова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, временно исполняющий обязанности директора, ORCID 0000-0003-3144-2816, AuthorID 560003

¹Мурманская государственная сельскохозяйственная опытная станция, Молочный, Россия

The quality of fiber and the effectiveness of use in rations of Holstein-Kholmogor cows

L. N. Kuzmina¹✉, A. P. Kartashova¹

¹Murmansk State Agricultural Experimental Station, Molochnyy, Russia

✉E-mail: research-station@yandex.ru

Abstract. The purpose of the research is to determine the optimal level of fibre and its fractions, neutral detergent fibre (NDF) and acid detergent fibre (ADF), in the ration of cows with milk yield 6–7 thousand kg according to the period of the physiological cycle. The scientific and economic experiment was carried out with two groups of cows, control and test, 10 animals in each other, during the whole period of lactation. The ration of control group cows corresponded to the economic one. The analysis of the crude fibre in feeds doesn't identify a reasonably accurate content of the fibre and its fractions. Therefore, the research includes the elaborated method of fractionation of structural carbohydrates (Van Soest et al.). **As a result of the research,** the optimal level of the crude fibre and its fractions (NDF and ADF) was determined in the cow rations according to the periods of the physiological cycle. It was established that the level of the crude fibre should be 20.5 %; NDF – 40.0 %; ADF – 25.0 % during the first phase of lactation (14–100 days). For the period of the second phase of lactation (101–200 days) the content of

the crude fiber – 22.5 %, NDF – 41.3 %, and ADF – 26.3 %. For the period of the third phase of lactation (201–305 days) the level of the crude fibre should be 25.0 %; NDF – 45.5 %; ADF – 25.4 %. **The novelty of the research** is that we determined the requirements of the milk cows for the crude fibre, NDF and ADF according to the physiological periods in the conditions of the Arctic region. Separation of the fibre into fractions makes it possible to reveal more fully its composition, and consequently to show more precisely digesting of each fraction in the gastrointestinal tract of ruminants and to determine the role of fibre in providing of animals by energy.

Keywords: cattle, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), ration, crude fiber, digestibility.

For citation: Kuzmina L. N., Kartashova A. P. Kachestvo kletchatki i effektivnost' ee ispol'zovaniya v ratsionakh golshtinkholmogorskih korov [The quality of fiber and the effectiveness of use in rations of Holstein-Kholmogor cows] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 07 (198). Pp. 56–64. DOI: ... (In Russian.)

Paper submitted: 04.05.2020.

References

1. Moshkina S. V., Abramkova N. V., Kolganova T. Yu. Strukturnye uglevody v kormlenii molochnogo skota: uchebno-metodicheskoe posobie. [Structural carbohydrates in feeding of dairy cattle: manual]. Orel, 2016. 56 p. (In Russian.)
2. Kuzmina L. N. Uglevodnoe pitanie vysokoproduktivnykh golshtinkholmogorskih korov s uchetom kachestva kormov i ikh dostupnosti [Carbohydrate nutrition of high-yielding Hoolstein-Kholmogory cow breed given the fodder quality and its availability] // Agricultural and Livestock Technology. 2019. Vol. 2. No. 2. Pp. 1–8. DOI: 10.15838/alt.2019.2.2.5. (In Russian.)
3. Fustini M., Palmonari A., Canestrari G. [et al.] Effect of undigested neutral detergent fiber content of alfalfa hay on lactating dairy cows: Feeding behavior, fiber digestibility, and lactation performance // Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100 (6). Pp. 4475–4483. DOI: 10.3168/jds.2016-12266.
4. Balch C. C. Factors affecting the utilization of food by dairy cows: I. The rate of passage of food through the digestive tract // British Journal of Nutrition. 1950. Vol. 4 (4). Pp. 361–366. DOI:10.1079/BJN19500060.
5. Maslyuk A. N., Tokareva M. A. Effektivnost' optimizatsii proteinovogo i uglevodnogo pitaniya vysokoproduktivnykh korov [Optimization efficiency of protein and carbohydrate nutrition of highly productive cows] // Herald of Beef Cattle Breeding. 2018. Vol. 101. No. 4. Pp. 164–171. (In Russian.)
6. Filippova O. B., Kiyko E. I., Maslova N. I. Rubtsovoe pishchevarenie u korov pri razlichnom sostave kormovoy smesi [The cows rumen digestion at feed mixture's different composition] // Vestnik VNIIMZH. 2017. No 4 (28). Pp.139-144. (In Russian.)
7. Muratova N. S., Tanifa V. V., Lukichev V. L. Vliyanie strukturnykh uglevodov na molochnuyu produktivnost' i vosproizvoditel'nye kachestva korov [Influence of structural carbohydrates on dairy efficiency and reproductive qualities of cows] // Modern High Technologies. Regional Application. 2016. No. 4 (48). Pp. 121–125. (In Russian.)
8. Sizova Yu. V. Vliyanie fraktsionnogo sostava uglevodov na molochnuyu produktivnost' korov [Influence of fractional composition of carbohydrates on milk productivity of cows] // Innovatsionnaya nauka. 2015. No. 9. Pp. 123–126. (In Russian.)
9. Volgin V. I., Romanenko L. V., Prokhorenko P. N. [et al.] Polnotsennoe kormlenie molochnogo skota – osnova realizatsii geneticheskogo potentsiala produktivnosti [Full value feeding of dairy cattle – the basis for the realization of the genetic potential of productivity]. Moscow: RAN, 2018. 260 p. (In Russian.)
10. Miller-Cushon E. K., DeVries T.J. Feed sorting in dairy cattle: Causes, consequences, and management // Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100 (5). Pp. 4172–4183. DOI: 10.3168/jds.2016-11983.
11. Kurepin A. A., Shorets R. D., Lemeshevskiy V. O. Vliyanie sootnosheniya NDK i KDK v ratsionakh korov na mikrobiologicheskie i fermentativnye pokazateli rubtsovogo pishchevareniya [Influence ratio NDF and the ADF in the diets of cows on the microbiological and enzymatic parameters of rumen digestion] // Sovremennoe sostoyanie, perspektivy razvitiya molochnogo zhivotnovodstva i pererabotki sel'skokhozyaystvennoy produktsii: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Omsk, 2016. Pp. 96–99. (In Russian.)
12. Filinskaya O. V. Kevorkyan S. A. Prakticheskie metody kontrolya polnotsennosti kormleniya vysokoproduktivnykh korov v usloviyakh sovremennogo kompleksa [Practical methods of controlling the usefulness of feeding highly productive cows in the modern complex] // Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald. 2018. No. 4 (44). Pp. 30–36. (In Russian.)
13. Raffrenato E., Fievisohn R., Cotanch K. W. [et al.] Effect of lignin linkages with other plant cell wall components on in vitro and in vivo neutral detergent fiber digestibility and rate of digestion of grass forages // Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100 (10). Pp. 8119–8131. DOI: 10.3168/jds.2016-12364.
14. Vorob'eva S. V., Bogolyubova N. V., Ovchinnikova T. M. Metodicheskoe rukovodstvo po opredeleniyu neytral'no- i kislotno-detergentnoy kletchatki v kormakh i biologicheskikh sredakh i ispol'zovaniyu etikh fraktsiy v kormlenii krupnogo rogatogo skota [Guidelines for determination of neutral and acid detergent fiber in feeds and biology substances and use of these fractions in cattle feeding] [e-resource]. URL: <http://agrokias.narod.ru/index/0-28> (appeal date: 24.05.2020). (In Russian.)
15. Van Soest P. J., Robertson J. B., Lewis B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition // Journal of Dairy Science. 1991. Vol. 74 (10). Pp. 3583–3597. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.
16. Tri sistemy otsenki strukturnosti korma: syraya i strukturnaya kletchatka, pokazatel' struktury korma i NDF, ADF, ADL [Three evaluation systems of feed structure: crude and structural fibre, rate of feed structure, and NDF, ADF, ADL] [e-resource] //

SOFT-AGRO. 2015. URL: <https://soft-agro.com/krs-na-otkorme/tri-sistemy-ocenki-struktury-korma-syraya-i-strukturnaya-kletchatka-pokazatel-struktury-korma-i-ndf-adf-adl.html> (appeal date: 24.05.2020). (In Russian.)

17. Kuz'mina L. N., Kuz'min S. S., Korbut O. V. Dostupnost' k perevarivaniyu kletchatki kormov i ee fraktsiy v ratsionakh golshhtin-kholmogorskikh korov v usloviyakh Evropeyskogo Severa [Availability to digesting of fodder's fiber and its fractions in the holshtein-kholmogory cow rations in the conditions of the European North] // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2018. No. 1. Pp. 82–87. (In Russian.)

18. Kharitonov E. L., Agafonov V. I., Kharitonov L. V. Metodicheskie rekomendatsii po sovershenstvovaniyu i ispol'zovaniyu kormovoy bazy v molochnom skotovodstve Kaluzhskoy oblasti: prakticheskie rekomendatsii [Guidelines for improving and using of feeding base in dairy cattle in the Kaluga region]. Borovsk, 2008. 55 p. (In Russian.)

19. Kalashnikov A. P., Fisinin V. I., Sheglov V. V., Kleymenov N. I. Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Norms and rations of feeding of agricultural animals]. Reference manual. 3rd edition, revised and supplemented. Moscow, 2003. 456 p. (In Russian.)

Authors' information:

Lyudmila N. Kuzmina¹, senior researcher of the laboratory of scientific support for agricultural production, ORCID 0000-0002-3618-0977, AuthorID 359612; +7 921 513-98-67, +7 (8155) 37-13-24, research-station@yandex.ru

Anastasia P. Kartashova¹, candidate of agricultural sciences, acting director, ORCID 0000-0003-3144-2816, AuthorID 560003

¹Murmansk State Agricultural Experimental Station, Molochnyy, Russia