

4. Сизова, Ю. В. Влияние фракционного состава углеводов на молочную продуктивность коров / Ю. В. Сизова // *Инновационная наука*. – 2015. – № 9(9). – С. 123-127.
5. Miller-Cushon, E. K. Feed sorting in dairy cattle: Causes, consequences, and management / E. K. Miller-Cushon, T. J. DeVries // *Journal of Dairy Science*. – 2017. – Vol. 100(5). – P. 4172–4183. – DOI: 10.3168/jds.2016-11983.
6. Кузьмина, Л. Н. Качество клетчатки и эффективность ее использования в рационах голштин-холмогорских коров / Л. Н. Кузьмина, А. П. Карташова // *Аграрный вестник Урала*. – 2020. – № 7(198). – С. 56-64. – DOI 10.32417/1997-4868-2020-198-7-56-64.
7. Филинская, О. В. Практические методы контроля полноценности кормления высокопродуктивных коров в условиях современного комплекса / О. В. Филинская, С. А. Кеворкян // *Вестник АПК Верхневолжья*. – 2018. – № 4(44). – С. 30-36.
8. 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 / E. Raffrenato, R. Fievisohn, K. W. Cotanch [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2017. – Vol. 100(10). – P. 8119–8131. – DOI: 10.3168/jds.2016-12364.
9. Овсянников, А. И. Основы опытного дела в животноводстве / А. И. Овсянников. – Москва : Колос, 1976. – 302 с.
10. Викторов, П. И. Методика и организация зоотехнических опытов / П. И. Викторов, В. К. Менькин. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 112 с.
11. Нормы кормления крупного рогатого скота / Н. А. Попков, В. Ф. Радчиков, А. И. Саханчук [и др.]. – Жодино, 2011. – 260 с. – ISBN 978-985-6895-10-7.
12. Организационно-технологические требования при производстве молока на молочных комплексах промышленного типа : республиканский регламент / И. В. Брыло, А. Н. Коршун, Ю. А. Пивоварчик [и др.] ; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Минск : Белорусское сельское хозяйство, 2014. – 108 с.

Поступила 18.04.2025 г.

УДК 636.085.[15+532]

А.А. КУРЕПИН

РАСЩЕПЛЯЕМОСТЬ НЕЙТРАЛЬНО-ДЕТЕРГЕНТНОЙ КЛЕТЧАТКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕЁ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ В СЕНАЖАХ

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

В статье представлены материалы исследований, целью которых стало изучить расщепляемость нейтрально-детергентной клетчатки в сенажах в зависимости от её количественного содержания. В процессе изучения состава структурных углеводов в консервированных травянистых кормах установлено, что при их накоплении в сухом веществе зелёной массы на силос и сенаж снижается общее содержание обменной энергии и кормовых единиц, что в свою очередь снижает продуктивное действие корма. При определении закономерности кинетики нейтрально-детергентной клетчатки в злаково-бобовых консервированных кормах в рубце жвачных животных с установлением их распадаемости

установлено, что, как и в злаковом сенаже, расщепляемость нейтрально-детергентной клетчатки имеет сильную обратную взаимосвязь и зависит от общего содержания ее в сухом веществе корма.

Ключевые слова: структурные углеводы, нейтрально-детергентная клетчатка, рубец, сенаж.

A. A. KUREPIN

CLEAVABILITY OF NEUTRAL DETERGENT FIBER DEPENDING ON ITS QUANTITATIVE CONTENT IN HAYLAGE

Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus

This paper contains the materials of research aimed at studying the cleavability of neutral detergent fiber in haylage depending on its quantitative content. In the process of studying the composition of structural carbohydrates in preserved grass fodders, it has been found that when they accumulate in the dry matter of green mass for silage and haylage, the total content of metabolizable energy and feed units decreases, which in turn reduces the productive effect of the fodder. When determining the regularity of kinetics of neutral detergent fiber in legume-grass preserved fodders in the rumen of ruminants with the establishment of their cleavability, it has been found that, as in grass haylage, the cleavability of neutral detergent fiber has a strong inverse relationship and depends on its total content in the dry matter of the fodder.

Key words: structural carbohydrates, neutral detergent fiber, rumen, haylage.

Введение. Основным источником энергии и важным компонентом растительных кормов являются углеводы, которые делятся на структурные (клетчатка) и неструктурные (сахара, крахмал). Структурные углеводы состоят из нейтрально-детергентной клетчатки (НДК), представляющей комплекс целлюлозы, гемицеллюлоз и лигнина и кислотно-детергентной клетчатки (КДК), включающей целлюлозу и лигнин. Клетчатка является необходимым элементом питания для всех сельскохозяйственных животных, прежде всего жвачных. Особенностью жвачных животных является их способность перерабатывать и усваивать большое количество клетчатки грубых кормов, благодаря микроорганизмам рубца и толстого кишечника, преобразуя её в животноводческую продукцию. Оптимальное содержание клетчатки, получаемой с грубыми кормами, в рационах оказывает механическое воздействие на стенки рубца и кишечника, вызывая моторную функцию и перистальтику, удлиняет процесс жвачки, в результате которого выделяется большое количество слюны, которая поддерживает щелочную реакцию, что обеспечивает кислотность рубца на уровне pH 6,5–7,0, что является профилактическим средством ацидоза рубца [1, 2, 3].

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 [4, 5].

Однако в расщеплении клетчатки в отличие от процесса ферментации других компонентов корма существуют свои особенности, которые обусловлены её структурой, типом кормления животного и характером бактериальной ферментации корма в желудочно-кишечном тракте жвачных [6, 7, 8, 9].

Переваривание клетчатки в рубце жвачных зависит от многих факторов. Важный фактор, отрицательно сказывающийся на переваривании клетчатки, – степень лигнификации растений.

С увеличением уровня сырой клетчатки в рационе происходит снижение переваримости питательных веществ, что снижает энергетическую ценность корма. В то же время жвачные животные в состоянии переваривать большое количество гемицеллюлоз и целлюлозы кормов, а их возможность переваривать сырую клетчатку ограничивается объёмом желудочно-кишечного тракта и содержанием лигнина в рационе. Таким образом, сырая клетчатка даёт лишь приблизительное представление о различиях в степени переваримости кормов [9, 10, 11]. Поэтому 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 [5].

Целью исследований стало изучить расщепляемость нейтрально-детергентной клетчатки в сенажах в зависимости от её количественного содержания.

Материал и методика исследований. Для достижения поставленной цели и решения задач данных исследований были проведены лабораторные опыты по определению количественного содержания фракционного состава сырой клетчатки и физиологические опыты по определению расщепляемости *in vivo*. Расщепляемость нейтрально-детергентной клетчатки в консервированных травянистых кормах проводили на физиологическом дворе лаборатории кормления и физиологии питания крупного рогатого скота. Корма в нейлоновых мешочках через канюлю помещали в рубец животных на 12-24-48 часов.

Отбор проб кормов проводили по ГОСТ 27262-87. Химический анализ кормов изучали в лаборатории биохимических анализов

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» по схеме общего зоотехнического анализа: первоначальную, гигроскопичную и общую влагу (ГОСТ 13496.3-92); общий азот, сырую клетчатку, сырой жир, сырую золу (ГОСТ 13496.4-93; 13496.2-91; 13496.15-97; 26226-95). Нейтрально-детергентную клетчатку (или фракцию, не растворимую в нейтральном детергенте, – НДК) определяли согласно методике Н. В. Курилова [12] и модифицированной методике Van-Soest [13].

Цифровые материалы обработаны методом вариационной статистики на персональном компьютере с использованием пакета статистики Microsoft Excel. Статистическая обработка результатов анализа проведена по методу Стьюдента.

При оценке значения критерия достоверности (td) исходили в зависимости от объёма анализируемого материала. Вероятность различий считается достоверной при $P < 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. Исходя из поставленной цели исследований в лаборатории технологии кормопроизводства и биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» проводился отбор проб сенажа злакового и злаково-бобового согласно ГОСТ 27262-87.

Из результатов химического анализа и проведении энергетической и кормовой ценности консервированных травянистых злаковых, злаково-бобовых, бобовых и бобово-злаковых трав (рисунок 1) следует, что среднее содержание обменной энергии по выборки находилось на уровне 9,29 МДж, кормовых единиц 0,70.

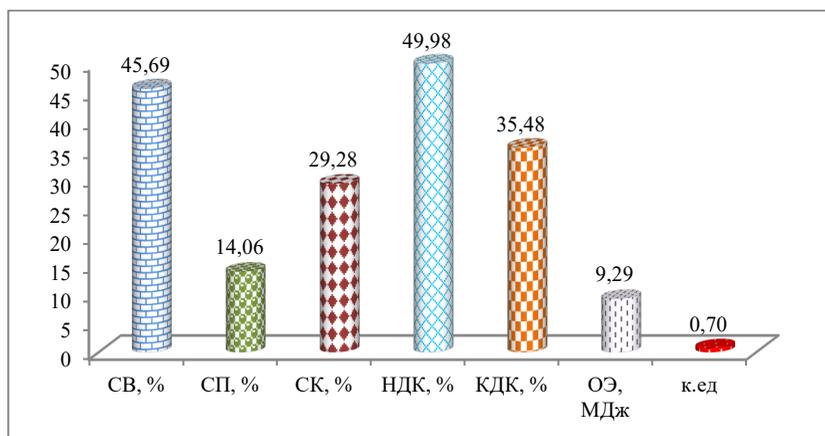


Рисунок 1 – Средняя питательность консервированных травянистых кормов

Содержание сырой клетчатки колебалось от 22,60 до 40,03 %, в среднем её содержание находилось на уровне 29,28 %. Содержание нейтрально-детергентной клетчатки было на уровне 49,98 %, кислотно-детергентной клетчатки – 35,48 %. Уровень сухого вещества находился в пределах 45,69 % с минимальным значением по выборке 32,47 % до максимального значения 58,10 %.

Установлен уровень взаимосвязи энергетической и кормовой ценности с содержанием структурных углеводов в консервированных травянистых злаковых, злаково-бобовых трав. Отмечается, что между энерго-кормовой ценностью и содержанием структурных углеводов наблюдается отрицательная корреляция. Так, между сырой клетчаткой, обменной энергией и кормовыми единицами установлена отрицательная связь $r=0.6$. Отрицательная взаимосвязь в $r=-0,57$ и $r=-0,58$ установлена между НДК, обменной энергией и кормовыми единицами, также установлена умеренно отрицательная связь между КДК, обменной энергией и кормовыми единицами в $r= -0,5$.

Таким образом, установлено, что при накоплении содержания структурных углеводов в сухом веществе зелёной массы на силос и сенаж снижается общее содержание обменной энергии и кормовых единиц, что в свою очередь снижает продуктивное действие корма.

Из полученных данных по химическому составу злакового сенажа следует, что содержание структурных углеводов в среднем находилось на уровне: сырой клетчатки – 30,28 % с вариацией от 25,2 до 38 %, нейтрально-детергентной клетчатки – 51,11 % с вариацией 42,8-64,59 %, кислотно-детергентной клетчатки – 35,36 % с вариацией 30,46-47,84 %. Данный размах по содержанию структурных углеводов объясняется различным ботаническим составом и фазой вегетации при заготовке.

Энергетическая и кормовая ценность находилась на уровне 9,15 МДж (8,42-10,4 МДж) и 0,68 к. ед. (0,57-0,88 к. ед.).

В ходе проведения физиологических опытов по исследованию расщепляемости НДК в злаковом сенаже во временном интервале (рисунок 2) установлено, что за 12 часов уровень расщепления НДК находился в пределах 32,12-46,36 % при среднем значении по выборке (%) $39,7\pm 0,67$.

При определении расщепляемости НДК в рубце животных за 12 часов установлено, что уровень структурных углеводов в сенаже злаковом влияет на их расщепляемость в рубце животных и имеет обратную коррелируемую взаимосвязь $r=-0,92$.

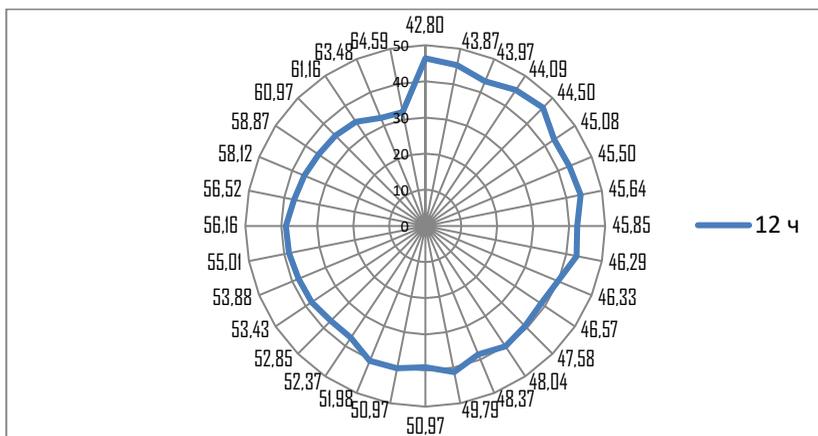


Рисунок 2 – Расщепляемость нейтрально-детергентной клетчатки в злаковом сенаже во временном интервале за 12 часов

Через 24 (рисунок 3) и 48 часов (рисунок 4) расщепляемость НДК в сенаже злаковом находилась в пределах 39,12-57,64 % при среднем значении по выборке 49,87 % \pm 0,91, через 48 часов минимальное значение расщепляемости НДК в злаковом сенаже составило 45,33 %, а максимальное значение 63,11 % при среднем значении по выборке 55,65 % \pm 0,91.

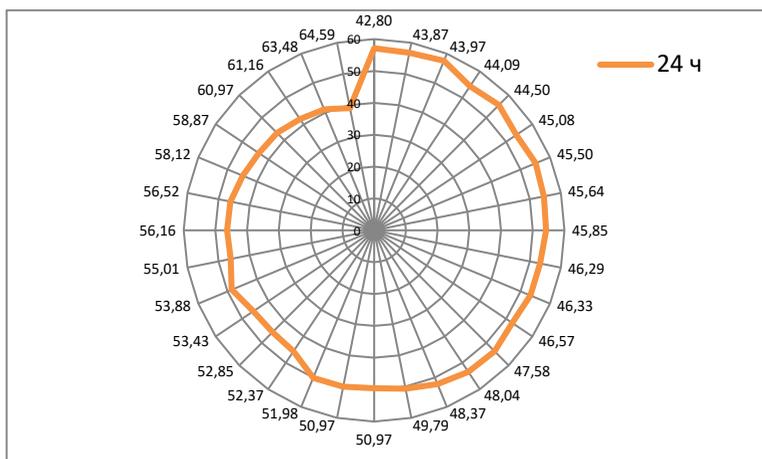


Рисунок 3 – Расщепляемость нейтрально-детергентной клетчатки в злаковом сенаже во временном интервале за 24

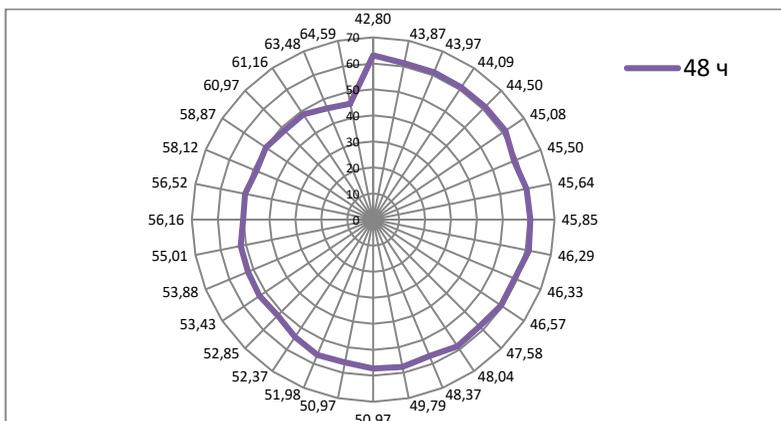


Рисунок 4 – Расщепляемость нейтрально-детергентной клетчатки в злаковом сенаже во временном интервале за 48 часов

Установлено, что уровень структурных углеводов в сенаже злаковом влияет на их расщепляемость в рубце животных. Так, расщепляемости НДК в рубце животных за 24 и 48 часов имеет обратную коррелируемую взаимосвязь $r = -0,97$.

В ходе проведения физиологических опытов по исследованию расщепляемости НДК в злаково-бобовом сенаже во временном интервале (рисунок 5) установлено, что за 12 часов уровень расщепления НДК находился в пределах 37,8-48,12 % при среднем значении по выборке (%) $41,7 \pm 0,55$.

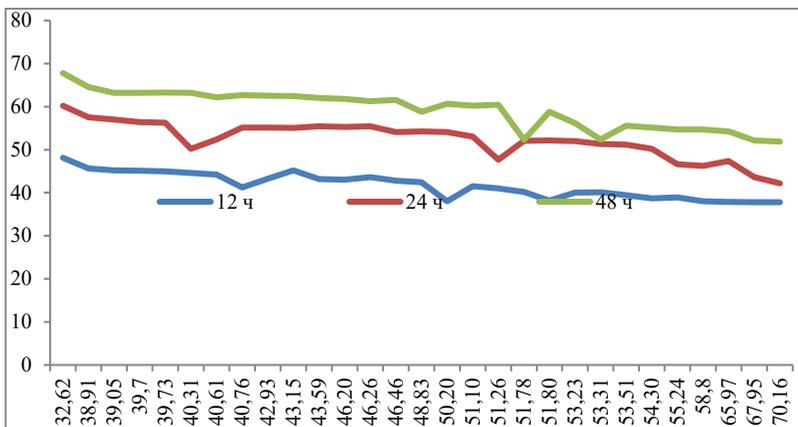


Рисунок 5 – Расщепляемость нейтрально-детергентной клетчатки в злаково-бобовом сенаже во временном интервале за 12-24-48 часов

Через 24 и 48 часов расщепляемость НДК в сенаже злаково-бобовом находилась в пределах 42,18-60,2 % при среднем значении по выборке 52,4 % $\pm 0,79$, через 48 часов минимальное значение расщепляемости НДК в злаковом сенаже составило 51,88 %, а максимальное значение 67,8 % при среднем значении по выборке – 59,3 % $\pm 0,81$.

При определении закономерности кинетики нейтрально-детергентной клетчатки в злаково-бобовых консервированных кормах в рубце жвачных животных с установлением их распадаемости установлено, что, как и в злаковом сенаже, расщепляемость нейтрально-детергентной клетчатки имеет сильную обратную взаимосвязь и завесит от общего содержания её в сухом веществе корма. Так, за 12 и 24 часов коэффициент корреляции составил $r = -0,89$; за 48 часов $r = -0,9$.

Исходя из анализа полученных данных, также можно сделать вывод, что процесс расщепления НДК в сенаже из злаково-бобовых трав проходил более интенсивнее по сравнению с сенажом из злаковых трав, что может быть связано с ботаническим составом трав, скорее всего включение бобового компонента в травостое повлияло и на степень расщепления структурных углеводов.

Заключение. Установлено, что при накоплении содержания структурных углеводов в сухом веществе зелёной массы на силос и сенаж снижается общее содержание обменной энергии и кормовых единиц, что в свою очередь снижает продуктивное действие корма.

За 12 часов уровень расщепления НДК находился в пределах 32,12-46,36 % при среднем значении по выборке (%) 39,7 $\pm 0,67$. Через 24 и 48 часов расщепляемость НДК в сенаже злаковом находилась в пределах 39,12-57,64 % при среднем значении по выборке 49,87 % $\pm 0,91$, через 48 часов минимальное значение расщепляемости НДК в злаковом сенаже составило 45,33 %, а максимальное значение – 63,11 % при среднем значении по выборке 55,65 % $\pm 0,91$.

Установлено, что за 12 часов уровень расщепления НДК в злаково-бобовом сенаже находился в пределах 37,8-48,12 % при среднем значении по выборке (%) 41,7 $\pm 0,55$.

Через 24 и 48 часов расщепляемость НДК в сенаже злаково-бобовом находилась в пределах 42,18-60,2 % при среднем значении по выборке 52,4 % $\pm 0,79$, через 48 часов минимальное значение расщепляемости НДК в злаковом сенаже составило 51,88 %, а максимальное значение – 67,8 % при среднем значении по выборке 59,3 % $\pm 0,81$.

Установлено, что уровень структурных углеводов в сенаже злаковом влияет на их расщепляемость в рубце животных. Так, расщепляемость НДК в рубце животных за 12 часов имеет обратную коррелируемую взаимосвязь с общим содержанием НДК ($r = -0,92$), за 24 и 48 часа $r = -0,97$.

При определении закономерности кинетики нейтрально-детергентной клетчатки в злаково-бобовых консервированных кормах в рубце жвачных животных с установлением их распадаемости установлено, что, как и в злаковом сенаже, расщепляемость нейтрально-детергентной клетчатки имеет сильную обратную взаимосвязь и зависит от общего содержания её в сухом веществе корма. Так, за 12 и 24 часа коэффициент корреляции составил $r=-0,89$, за 48 часов - $r=-0,9$.

Литература

1. Сбалансированное кормление высокопродуктивных коров : справочное руководство / Л. А. Заболотнов, С. Г. Кузнецов, В. Т. Винокурова [и др.]. – Боровск, 2013. – Москва : ЗАО «Новые печатные технологии». – 246 с. – ISBN: 978-5-905742-35-4.
2. Муратова, Н. С. Влияние структурных углеводов на молочную продуктивность и воспроизводительные качества коров / Н. С. Муратова, В. В. Танифа, В. Л. Лукичев // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2016. - № 4(48). – С. 121-125.
3. Богатырёва, Е. В. Содержание структурных углеводов в заготовленных кормах Вологодской области / Е. В. Богатырева, П. А. Фоменко, Е. А. Мазилов // Молочнохозяйственный вестник. – 2022. - № 3(47). – С. 39-54. – DOI: 10.52231/2225-4269_2021_3_39.
4. Хотмирова, О. В. Рубцовое пищеварение у высокопродуктивных молочных коров в начале лактации при разном уровне фракций клетчатки в рационе : автореф. дисс. ... канд. биол. наук / О. В. Хотмирова. – Боровск, 2009. – 19 с.
5. Саханчук, А. И. Влияние фракционного состава клетчатки на переваримость кормов коровами в период сухостоя / А. И. Саханчук, А. А. Курепин // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2012. - № 3. – С. 5-9.
6. Муратова, Н. С. Влияние структурных углеводов на молочную продуктивность и воспроизводительные качества коров / Н. С. Муратова, В. В. Танифа, В. Л. Лукичев // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2016. - № 4 (48). – С. 121–125.
7. Сизова, Ю. В. Влияние фракционного состава углеводов на молочную продуктивность коров / Ю. В. Сизова // Инновационная наука. – 2015. - № 9. – С. 123–126.
8. Miller-Cushon, E. K. Feed sorting in dairy cattle: Causes, consequences, and management / E. K. Miller-Cushon, T. J. DeVries // Journal of Dairy Science. – 2017. – Vol. 100(5). – P. 4172–4183. – DOI: 10.3168/jds.2016-11983.
9. Кузьмина, Л. Н. Качество клетчатки и эффективность ее использования в рационах голштин-холмогорских коров / Л. Н. Кузьмина, А. П. Карташова // Аграрный вестник Урала. – 2020. - № 7(198). – С. 56-64. – DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-56-64
10. Филинская, О. В. Практические методы контроля полноценности кормления высокопродуктивных коров в условиях современного комплекса / О. В. Филинская, С.ю А. Кеворкян // Вестник АПК Верхневолжья. – 2018. - № 4 (44). – С. 30–36.
11. 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 / E. Raffrenato, R. Fievisohn, K. W. Cotanch [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2017. – Vol. 100(10). – P. 8119–8131. – DOI: 10.3168/jds.2016-12364.
12. Изучение пищеварения у жвачных: методические указания / Н. В. Курилов [и др.]; Всерос. науч.-исслед. ин-т физиологии и биохимии питания с.-х. животных. – Боровск, 1987. – 96 с.
13. Van Soest, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. 4 Determination of plant cell-wall constituents / P. J. Van Soest, R. H. Wine // J. Assoc. Anal. Chem. – 1968. – Vol. 50(1). – P. 50–55. – DOI:10.1093/jaoac/50.1.50.

Поступила 18.04.2025 г.