

КОРМА, КОРМЛЕНИЕ, КОРМОПРОИЗВОДСТВО / FEED, FEEDING, FEED PRODUCTION

Научная статья / Scientific paper

УДК 636.32/.38.084.087.3+636.32/.38.085.25

DOI: 10.26897/2074-0840-2025-2-49-52

ПЕРЕВАРИМОСТЬ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ КОРМОВ РАЦИОНОВ В ОРГАНИЗМЕ ОВЕЦ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЖИРА

В.А. ДЕВЯТКИН✉

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста»;
г. Подольск, Московская область, Российская Федерация; ✉ Vladimir.devjatkin@mail.ru

DIGESTIBILITY OF NUTRIENTS FROM FEED DIETS IN SHEEP BODIES WHEN USING VARIOUS FAT SOURCES

V.A. DEVIATKIN✉

L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry;
Podolsk, Moscow region, Russian Federation; ✉ Vladimir.devjatkin@mail.ru

Аннотация. В работе приведены данные по переваримости основных питательных веществ при скормливании баранам романовской породы пальмового жира, подсолнечного жира и жира личинок мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*) в качестве ингибиторов метанообразования.

Ключевые слова: бараны, пальмовый жир, жир подсолнечника, жир личинки мухи *Hermetia illucens*, переваримость питательных веществ

Summary. The paper presents data on the study of the process of digestibility of the main nutrients when feeding rams of the Romanov breed palm oil, sunflower oil and fat of the larvae of the Black Lion fly as inhibitors of methane-forming archaea

Keywords: sheep, palm oil, sunflower oil, fat of the *Hermetia illucens* fly larva, digestibility of nutrients

Исследования проведены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по Государственному заданию 0445-2021-0002.

Введение. Деятельности отрасли животноводства сопутствуют выбросы в атмосферу парниковых газов-веществ, поглощающих и задерживающих тепловое излучение Земли, повышая температуру ее поверхности, вызывая значительную глобальную тревогу [1]. Жвачные животные в отличие от других сельскохозяйственных животных имеют сложный многокамерный желудок, где массивное микробное сообщество бактерий, метансинтезирующих архей, простейших и грибов способствует перевариванию пищи, а сопутствующие продукты их жизнедеятельности в результате метаногенеза – водород, углекислый газ и, главное, метан – попадают в атмосферу через отрыжку, хотя небольшая его часть

вырабатывается и в кишечнике. Общая эмиссия метана на одно животное может достигать от 150 до 500 л/сутки, являясь колоссальнейшим источником прямых выбросов и составляет около 81% парниковых газов [2]. На эндогенные процессы, идущие в желудочно-кишечном тракте жвачного животного, в том числе и экскреции метана, расходуется от 2 до 12% валовой потребляемой энергии, способной пойти на образование «чистой» продукции в виде молока, мяса и др., поэтому крайне важно минимизировать эти выбросы, повысить эффективность использования энергии [3].

Решение проблем снижения выбросов метана в атмосферу от животноводства должно быть направлено на деградацию метанообразования в рубце жвачных животных за счет алиментарных факторов: кормовых добавок, регулирующих состояние и пути микробных процессов, антибиотиков, вакцин, подготовку кормов к скормливанию, включение в рацион питания первоклассных грубых и углеводистых кормов с высоким содержанием легко ферментируемых фракций и малым содержанием нейтрально-детергентной клетчатки, что сказывается на лучшей усвояемости и скорости прохода через желудочно-кишечный тракт без образования метана [4, 5].

Процесс метанообразования может резко затормозиться из-за недостатка водорода при добавлении в рацион средне- (C_6 - C_{12}) и, особенно, длинноцепочечных (C_{18} и более атомов углерода) жирных кислот, требующих для своего гидролиза присутствия водорода, создавая серьезную конкуренцию за него метаногенам [6, 7].

Обработанные семена масличных культур могут выступать эффективным средством минимизации

выбросов метана как представители источников длинноцепочечных жирных кислот. Вместе с тем, по мнению Grainger, Beauchemin и др. [8], чрезмерное использование жиров может снизить потребление кормов, свести к минимуму ферментацию углеводов из-за отравляющего эффекта целлюлозолитических бактерий и простейших, имеющих симбиотические связи с метаногенами [9].

Разные источники жира вариативно влияют на переваримость питательных веществ и процесс образования метана, поэтому изыскание малоизученных отечественных продуктов для сокращения потерь энергии с метаном, не влияющие на пищеварительные процессы, весьма актуально. Заслуживает внимания изучение биологического эффекта источников жира растительного и животного происхождения, содержащих различный набор жирных кислот на процессы образования метана в рубце овец в сравнительном аспекте [10].

Цель и задачи исследований. Изучить переваримость и использование питательных веществ кормов рационов при скормливании в сравнительном аспекте жировых добавок растительного и животного происхождения: масла подсолнечного, пальмового жира и жира из личинок мух *Hermetia illucens* в качестве потенциальных ингибиторов выделения парниковых газов от овец.

Материалы и методы исследований. Опыт по изучению переваримости питательных веществ проведен на баранчиках романовской породы в возрасте 3-х лет методом групп-периодов и латинского квадрата 3×2 на физиологическом дворе и в отделе физиологии и биохимии с.-х. животных ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, по следующей схеме:

Опыт провели по общепринятой методике исследований: в уравнивательный период 14 дней и предварительный – 21 день – животные содержались в индивидуальных станках, оборудованных кормушками и автопоилками. На учетный период (7 суток) животных размещали в индивидуальные клетки, оборудованные приспособлением для сбора кала, мочи и остатков корма. В учетный период строго следили за розданными кормами и их остатками, среднюю часть которых анализировали в химико-аналитической лаборатории отдела. Ежедневно учитывали выделенную мочу и кал, которые также подвергались химическим исследованиям. В отобранных образцах устанавливали количество первоначальной влаги (ГОСТ Р 54951), воздушно-сухого вещества (ГОСТ 31640-2012), протеина (ГОСТ 32044.1-2012), жира (ГОСТ 32905-2014), клетчат-

ки (ГОСТ ISO 6865-2015), БЭВ (расчетным способом), золы (ГОСТ 32933-2014), валовой, обменной энергии (расчетным способом), кальция (ГОСТ 32904-2014), фосфор (ГОСТ Р 51420-99).

Данные, полученные в результате опыта, биометрически обработаны методом дисперсионного анализа (ANOVA) с вычислением среднеарифметической (M), среднеквадратической ошибки ($\pm m$) и уровня значимости (p). Данные числились высокодостоверными при $p < 0,001$ и достоверными при $p < 0,01$ и $p < 0,05$. При $p < 0,1$ до $p > 0,05$ – считались тенденцией к достоверности. При $p > 0,1$ разница недостоверная.

Результаты исследований и их обсуждение.

В таблице 1 представлен состав и питательность рационов овец. В качестве основного рациона животные получали сено злаково-разнотравное 1,5 кг и концентраты для овец 0,4 кг., соль-лизунец. В опытные периоды овцам в дополнение к основному рациону скормливали пальмовое масло, подсолнечное масло и жир из личинок мух *Hermetia illucens* в дозировке 0,5% от СВ рациона. На основании литературных

Схема исследований

Experience scheme

Период	Количество голов	Характеристика кормления
I	4	Сено, концентраты – основной рацион (ОР)
II	4	ОР+ пальмовое масло 0,5% от СВ рациона
III	4	ОР+ подсолнечное масло 0,5% от СВ рациона
IV	4	ОР+ жир личинок мух 0,5% от СВ рациона

Таблица 1. Состав и питательность рационов овец

Table 1. Composition and nutritional value of sheep diets

Показатель	Периоды			
	контроль	1-опытный	2-опытный	3-опытный
Сено, кг	1,5	1,5	1,5	1,5
Комбикорм, кг	0,4	0,4	0,4	0,4
Соль лизунец кг	вволю	вволю	вволю	вволю
Пальмовое масло, г	–	7,5	–	–
Подсолнечное масло, г	–	–	7,5	–
Жир личинки мух <i>Hermetia illucens</i> , г	–	–	–	7,5
В рационе содержится:				
Обменной энергии, МДж	12,97	13,05	13,05	13,05
Сухого вещества, кг	14,99	15,00	15,00	15,00
Сырого протеина, г	154	154	154	154
Переваримого протеина, г	110	110	110	110
Сырого жира, г	41	41,7	41,7	41,7
Сырой клетчатки, г	346	346	346	346
Кальция, г	11,5	11,5	11,5	11,5
Фосфора, г	6,39	6,39	6,39	6,39

данных и в ранее проведенных исследованиях методом *in vitro* была установлена оптимальная дозировка искомым жиров, способствующая некоторому сокращению газообразования в рубце овец.

Комбикорм «чистый» и с жировыми добавками баранчики поедали полностью, что касается грубой

части рациона – сена, то здесь по периодам имелись некоторые различия. На графике 1 приведено фактическое потребление питательных веществ.

На графике 1 видно, что животные в разных периодах потребляли практически одинаковое количество питательных веществ, следовательно, при-

сутствие данных жировых добавок в дозе 0,5% от СВ рациона не повлияло на потребление грубых кормов и не угнетало пищеварительную деятельность овец.

В конце учетного периода с помощью зонда через фистулу рубца была взята жидкая часть рубцового содержимого для определения влияния различных жировых добавок на состояние микрофлоры рубца.

Было отмечено некоторое снижение количества инфузорий в рубце овец, особенно спустя 3 часа после кормления, в присутствии жировых добавок. Ввод 6% от СВ рациона подсолнечного масла, являющегося источником линолевой кислоты, аналогично вызывало снижение численности простейших и процесса метанообразования в рубце овец [11]. На рационе, состоящем из грубых кормов, подсолнечное масло снижает выделение метана и эффективность использования валовой энергии корма до 22% у крупного рогатого скота [12].

Вместе с тем, фиксируется повышение сухого вещества бактерий в рубце овец, получавших пальмовый жир и жир личинок мухи на 21,4% и 39,0% (при $p < 0,05$) соответственно (график 2).

Анализируя данные балансового опыта (табл. 2) отмечено незначительное снижение использования клетчатки при включении подсолнечного масла (опытный 2). В этой группе без достоверной разницы между периодами отмечалась тенденция к снижению переваримости органического вещества, сухого вещества и БЭВ. Жир, полученный из насекомых, благоприятно повлиял на переваримость органического вещества ($p \leq 0,05$), жира ($p \leq 0,01$) и БЭВ ($p \leq 0,05$).

Азот в теле опытных животных откладывался неодинаково. При скармливании жира личинок мух и пальмового жира отмечается тенденция к его повышению, связанная со снижением уровня аммонийного азота в рубце животных (табл. 3). Использование азота в этих группах также было выше на 4,1-4,9% в сравнении с контролем.

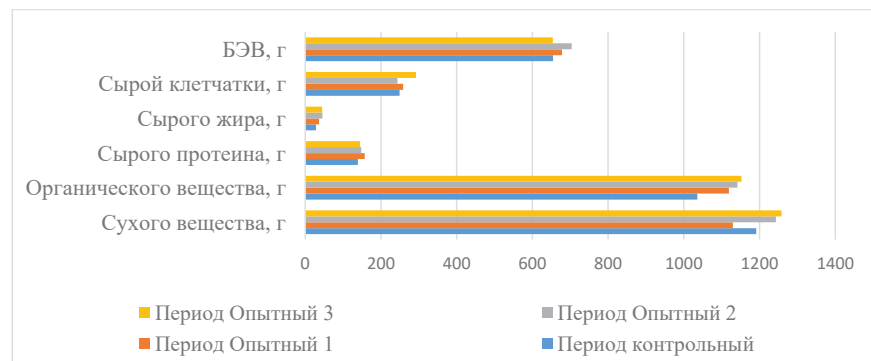


График 1. Потребление питательных веществ по фактической поедаемости

Graph 1. Nutrient intake by actual food intake

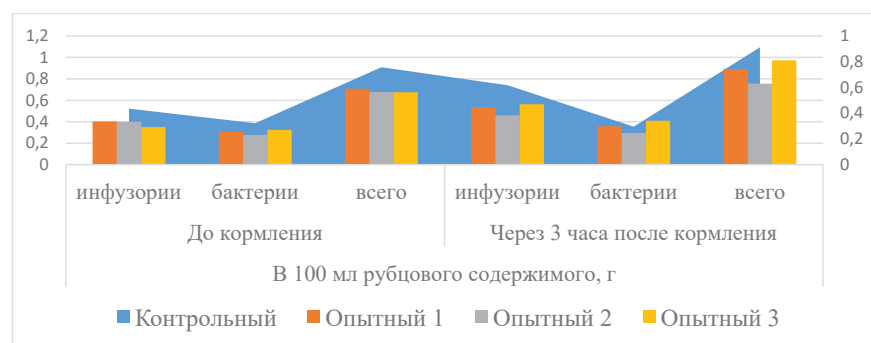


График 2. Содержание микробальной массы в рубцовом содержимом (n=4)

Graph 2. The content of the microbial mass in the scar tissue (n=4)

Таблица 2. Переваримость питательных веществ кормов

Table 2. Digestibility of feed nutrients

Питательные вещества		Период			
		контрольный	опытный 1	опытный 2	опытный 3
Сухое вещество	г	726,99±33,05	702,5±51,0	719,7±42,5	785±32,9
	%	61,02±2,38	62,2±4,6	57,9±0,9	62,4±5,0
Органическое вещество	г	676,43±35,06	759±33	720,2±47,5	772±21,4*
	%	65,31±2,24	67,8±3,2	63,1±1,5	67,0±3,7
Протеин	г	88,76±7,08	99,0±1,7	91,2±9,5	92,4±8,1
	%	63,79±4,14	63,1±2,6	61,7±1,3	63,7±2,7
Жир	г	16,98±1,43	22,2±2,9	27,7±1,7	28,5±4,2**
	%	59,74±5,76	60,6±4,0	61,0±3,5	63,8±6,9
Клетчатка	г	147,13±14,62	150,3±29,6	141,4±15,7	173,5±27,2
	%	59,05±3,52	58,1±4,9	58,0±2,1	59,3±3,2
БЭВ	г	482,90±63,58	495±45	458,2±27,9	463±20,7*
	%	73,78±6,41	73,0±6,3	65,1±2,2	70,8±3,7

Различия по сравнению с контролем статистически достоверны

* – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$

Заключение. Включение пальмового и подсолнечного масла в количестве 0,5% от СВ не оказало заметного влияния на процессы переваривания питательных веществ. Напротив, жир из личинок мухи *Hermetia illucens* в том же количестве способствовал увеличению переваримости органического вещества ($p \leq 0,05$), жира ($p \leq 0,01$) и БЭВ ($p \leq 0,05$).

Наряду с этим несколько снижается количество инфузорий, особенно после кормления. Вместе с тем, в рубце овец, получавших пальмовое масло и жир личинок мухи *Hermetia illucens*, масса бактерий оказалась выше контрольных показателей на 21,4% и 39% (при $p < 0,05$) соответственно.

Для некоторого снижения выбросов парниковых газов из рубца овец можно рекомендовать производству скормливать пальмовый жир, подсолнечное масло и жир личинок Черная львинка в количестве 0,5% от сухого вещества рациона без явных негативных влияний на пищеварительную деятельность.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Skytt T., Nielsen S.N., Jonsson B.G. Global warming potential and absolute global temperature change potential from carbon dioxide and methane fluxes as indicators of regional sustainability: A case study of Jämtland, Sweden • *Ecological Indicators*, 2020, 110: 105831.
2. Islam M., Lee S.S. Advanced estimation and mitigation strategies: a cumulative approach to enteric methane abatement from ruminants • *Journal of Animal Science and Technology*, 2019. 61(3): 122-137. doi: 10.5187/jast.2019.61.3.122.
3. Боголюбова Н.В., Зеленченкова А.А., Колесник Н.С., Лахонин П.Д. Метанообразование в рубце и методы его снижения с использованием алиментарных факторов (обзор) • *Сельскохозяйственная биология*, 2022. т. 57. № 6. С. 1025-1054. doi: 10.15389/agrobiology.2022.6.1025rus.
- Bogolyubova N.V., Zelenchenkova A.A., Kolesnik N.S., Lakhonin P.D. Methane formation in the rumen and methods of its reduction using nutritional factors (review) • *Journal of Agricultural Biology*, 2022. vol. 57. No. 6. Pp. 1025-1054. doi: 10.15389/agrobiology.2022.6.1025rus.
4. Dong L., Li B., Diao Q. Effects of Dietary Forage Proportion on Feed Intake, Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Enteric Methane Emissions of Holstein Heifers at Various Growth Stages • *Animals*, 2019. 9 (10): 725. doi: 10.3390/ani9100725
5. Shreck A.L., Zeltwanger J.M., Bailey E.A., Jennings J.S., Meyer B.E., Cole N.A. Effects of protein supplementation to steers consuming low-quality forages on greenhouse gas emissions • *Journal of Animal Science*, 2021. 99 (7). doi:10.1093/jas/skab147
6. Wang M., Wang R., Xie T.Y., Janssen P.H., Sun X.Z., Beauchemin K.A., Tan Z.L., Gao M. Shifts in rumen fermentation and microbiota are associated with dissolved ruminal hydrogen concentrations in lactating dairy cows fed different types of carbohydrates • *Journal of Nutrition*, 2016. 146: 1714-1721. doi.org/10.3945/jn.116.232462
7. Renna M., Coppa M., Lussiana C., Le Morvan A., Gasco L., Maxin G. Full-fat insect meals in ruminant nutrition:

Таблица 3. Баланс и использование азота

Table 3. Nitrogen balance and utilization

Показатель	Период			
	контрольный	опытный 1	опытный 2	опытный 3
Принято с кормом, г	22,18±1,23	23,40±0,70	23,60±2,30	23,30±2,12
Выделено с калом, г	8,11±1,07	8,70±0,86	9,00±0,85	8,50±1,20
Переварено, г	14,07±1,12	14,70±0,35	14,60±1,52	14,80±1,30
Выделено с мочой, г	9,55±0,96	9,00±0,16	9,75±1,24	10,51±1,70
Отложено в теле, г	4,52±1,95	5,71±0,30	4,82±0,30	5,90±0,60
Использовано, в%:	20,37	24,45	20,73	25,30

in vitro rumen fermentation characteristics and lipid biohydrogenation • *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2022. V. 13 (1). 138.

8. Grainger C, Beauchemin K.A. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production? • *Anim Feed Sci Technol.*, 2011. 166-67:308-20.

9. Machmüller A. Medium-chain fatty acids and their potential to reduce methanogenesis in domestic ruminants • *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2006. V. 112(2-3). Pp. 107-114. doi: 10.1016/j.agee.2005.08.010.

10. Nekrasov R.V., Ivanov G.A., Chabaev M.G. et al. Effect of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) Fat on Health and Productivity Performance of Dairy Cows • *Animals*, 2022; 12: 2118.

11. Yanza Y.R., Szumacher-Strabel M., Jayanegara A., Kasenta A.M., Gao M., Huang H., Patra A.K., Cieślak A. The effects of dietary medium-chain fatty acids on ruminal methanogenesis and fermentation in vitro and in vivo: A meta-analysis • *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 2021. V. 105 (5). Pp. 874-889. doi:10.1111/jpn.13367

12. Ivan M., Mir P.S., Koenig K.M., Rode L.M., Neil L., ENTZ T., Mir Z. Effects of dietary sunflower seed oil on rumen protozoa population and tissue concentration of conjugated linoleic acid in sheep • *Small Ruminant Research*, 2001. 41 (3). 215-227.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Владимир Анатольевич Девяткин, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотрудник отдела физиологии и биохимии с.-х. животных Федерального исследовательского центра животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста; тел.: (905) 704-36-03; e-mail: Vladimir.devjatkin@mail.ru; 142132, Московская обл., г.о. Подольск, пос. Дубровицы, д. 60, Российская Федерация.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Vladimir A. Devyatkin, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher, Department of Physiology and Biochemistry of Agricultural Animals, Federal Research Center for Animal Husbandry – All-Russian Society of Animal Husbandry named after Academician L.K. Ernst; tel.: (905) 704-36-03; e-mail: Vladimir.devjatkin@mail.ru; 142132, Moscow Region, Podolsk, Dubrovitsy settlement, 60, Russian Federation.

Поступила в редакцию / Received 26.03.2025

Поступила после рецензирования / Revised 31.03.2025

Принята к публикации / Accepted 25.04.2025