

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЭКСТРАКТА ДУШИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*ORIGANUM VULGARE*) НА РУБЦОВОЕ ПИЩЕВАРЕНИЕ *IN VITRO*

(✉) Иванищева А.П., Сизова Е.А., Камирова А.М., Шошин Д.Е., Яушева Е.В.

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий

Российской академии наук

Оренбург, Россия

(✉) e-mail: nessi255@mail.ru

Остаточные противомикробные вещества, являющиеся результатом чрезмерного использования в кормах для животных стимулирующих рост антибиотиков, представляют собой новую угрозу для здоровья человека и состояния окружающей среды. Экстракты растений, содержащие эфирные масла, в частности экстракт *Origanum vulgare*, являются потенциальной альтернативой кормовым антибиотикам, способствуя росту продуктивного потенциала благодаря своим antimикробным и антиоксидантным свойствам. Они могут подавлять размножение патогенных микроорганизмов, вызывая конформационные изменения клеточных мембран. В связи с этим целью исследования стало изучение влияния различных дозировок экстракта *O. vulgare* на переваримость компонентов рациона и состав летучих жирных кислот в рубцовом содержимом в условиях *in vitro*. В эксперименте протестированы три дозировки экстракта душицы: 0,5; 1; 10 мл/л. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что малые дозы экстракта *O. vulgare* не приводят к метаболическим сдвигам в рубцовом пищеварении. Высокая доза (10 мл/л), напротив, снижает общее количество простейших. Средняя дозовая нагрузка (1 мл/л) способствует увеличению переваримости до 72,63%, концентрации инфузорий – до 555,56 тыс. шт./мл. Таким образом, на основании полученных данных установлено, что включение экстракта *O. vulgare* в дозе 1 мл/л обуславливает усиление метаболических процессов в рубце, что приводит к лучшему перевариванию кормов. Дозировка 10 мл/л, максимальная из тестируемых, обеспечила повышение концентрации летучих жирных кислот. Однако при внесении 1 мл/л экстракта *O. vulgare* произошли самые значимые изменения в концентрации летучих жирных кислот.

Ключевые слова: переваримость, летучие жирные кислоты, экстракт *Origanum vulgare*, инфузории, рубцовое пищеварение

EFFECT OF DIFFERENT CONCENTRATIONS OF OREGANO (*ORIGANUM VULGARE*) EXTRACT ON RUMEN DIGESTION *IN VITRO*

(✉) Ivanishcheva A.P., Sizova E.A., Kamirova A.M., Shoshin D.E., Yausheva E.V.

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies
of the Russian Academy of Sciences

Orenburg, Russia

(✉) e-mail: nessi255@mail.ru

Residual antimicrobial substances resulting from the overuse of growth-promoting antibiotics in animal feed pose an emerging threat to human health and the environment. Plant extracts containing essential oils in general, and in particular *Origanum vulgare* extract, are a potential alternative to feed antibiotics, contributing to the growth of productive potential, due to their antimicrobial and antioxidant properties. They can inhibit the reproduction of pathogenic microorganisms, causing conformational changes in cell membranes. In this regard, the purpose of the study was to study the effect of different dosages of *O. vulgare* extract on the digestibility of diet components and the composition of volatile fatty acids in the rumen content under *in vitro* conditions. Three dosages of the oregano extract were tested in the experiment: 0.5; 1; 10 ml/l. The results of the present study indicate that small doses of *O. vulgare* extract do not lead to metabolic shifts in the rumen digestion. High dose (10 ml/l), on the contrary, reduces the total number of protozoa. The average dose load of 1 ml/l leads to an increase in digestibility to 72.63% and the concentration of infusoria to 555.56 thousand pcs/

ml. Thus, based on the results obtained, it follows that the inclusion of the *O. vulgare* extract in a dose of 1 ml/l enhances metabolic processes in the rumen, leading to better digestion of feed. The dosage of 10 ml/l, the maximum of the tested, provided an increase in the concentration of the volatile fatty acids. However, when using 1 ml/l of *O. vulgare*, the most significant changes in the concentration of the volatile fatty acids occurred.

Keywords: digestibility, volatile fatty acids, *Origanum vulgare* extract, infusoria, rumen digestion

Для цитирования: Иванищева А.П., Сизова Е.А., Камирова А.М., Шошин Д.Е., Яушева Е.В. Влияние различных концентраций экстракта душицы обыкновенной (*Origanum vulgare*) на рубцовое пищеварение *in vitro* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 12. С. 82–88. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-12-9>

For citation: Ivanishcheva A.P., Sizova E.A., Kamirova A.M., Shoshin D.E., Yausheva E.V. Effect of different concentrations of oregano (*Origanum vulgare*) extract on rumen digestion *in vitro*. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 12, pp. 82–88. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-12-9>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Статья опубликована в рамках выполнения государственного задания № 0761-2019-0005.

Acknowledgements

This article is published as part of the government assignment No. 0761-2019-0005.

ВВЕДЕНИЕ

Добавляемые в корма для животных эфирные масла (ЭМ) выступают в качестве естественной альтернативы антибиотиков и стимуляторов роста. Некоторые эксперименты подтвердили, что использование растительных экстрактов аналогично по результатам включению в состав кормов антибиотиков [1]. Однако число работ, в которых доказано влияние ЭМ на микробную ферментацию в рубце, ограничено.

Ранее было показано, что сапонины, дубильные вещества и ЭМ действуют на ферментацию в рубце, приводя к накоплению азота и снижению концентрации аммиака, что позволяет предположить влияние указанных веществ на процесс дезаминирования аминокислот бактериями рубца.

Проводилась оценка чувствительности микроорганизмов рубца к ЭМ, поскольку некоторые данные указывали на то, что их высокое потребление приводило к проблемам с пищевариением. Высокие дозы ЭМ, добавленные к культурам бактерий рубца *in vitro*, снижали общее число жизнеспособных бактерий, при введении максимальной дозы единственными выжившими видами являлись мелкие грамотрицательные микроорганизмы.

После запрета антибиотиков в качестве кормовых добавок в Европейском Союзе возобновился интерес к изучению эффектов и механизмов действия ЭМ на микробную ферментацию в рубце. За последние шесть лет опубликованы исследования, посвященные влиянию более чем 25 различных растительных экстрактов на микробную ферментацию в рубце *in vitro*. Среди них *Lavandula angustifolia*, *Solidago virgaurea* и *Achillea millefolium* стимулировали ферментацию в рубце, *Equisetum arvense*, *Armoracia rusticana* и *Salvia officinalis* ингибировали метаногенез.

Origanum vulgare (душица обыкновенная) – многолетнее травянистое растение, произрастающее в Евразии и Северной Африке. Содержание ЭМ в греческом орегано (*O. vulgare* ssp. *hirtum*) достаточно высокое – около 4,0% сух. в-ва. Другой подвид душицы, дикий майоран (*O. vulgare* ssp. *vulgare*), имеет более низкий уровень ЭМ – от 0,2 до 1,0% сух. в-ва.

Выделяемое из *O. vulgare* ЭМ представляет собой ароматическое летучее масло, обладающее сильными антибактериальным и антиоксидантным свойствами [2, 3]. При добавлении в корма данное масло помогает поддерживать здоровую микробиоту, регулируя размножение полезных микроорганизмов в желудочно-кишечном тракте и подавляя рост

патогенной микрофлоры. Ученые обнаружили, что ЭМ улучшают ферментацию в рубце и эффективность переваривания корма, воздействуя на бактерии семейств Prevotellaceae, Lachnospiraceae и Ruminococcaceae.

Кроме влияния на разнообразие микробиоты, ЭМ модулируют процессы метаногенеза (в частности, выработку газа в рубце). При этом более поздние исследования свидетельствуют о том, что ЭМ регулирует пищеварительный метаболизм животных, улучшая белковый обмен и структуру летучих жирных кислот (ЛЖК) [4]. Действие листьев *O. vulgare* как антиметаногенного продукта, не оказывающего неблагоприятного влияния на ферментацию в рубце, было описано *in vitro*. Протестировано однократное использование ЭМ *O. vulgare*, которое снижало выработку метана в рубце за счет улучшения усвоемости питательных веществ в желудочно-кишечном тракте.

Влияние ЭМ на функцию рубца включает ингибирование дезаминирования и метаногенеза, что обеспечивает снижение уровня аммиачного азота и метана соответственно. Эфирные масла снижают содержание ацетата в рубце, сохраняя при этом общее производство ЛЖК за счет увеличения производства пропионата и бутиратов [5].

В связи с этим целью нашего исследования стало изучение воздействия различных дозировок экстракта *O. vulgare* на переваримость пищи *in vitro* и состав ЛЖК в рубцовой жидкости.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперимент проводили в центре «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» (создан в 2014 г. при поддержке Российского научного фонда) и Центра коллективного пользования Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук на модели *in vitro* «искусственный рубец» (установка-инкубатор «ANKOM Daisy II», Ankom Technology Corporation, США). Указанная модель позволяет осуществлять одновременную инкубацию нескольких образцов рубцовой жидкости в герметичных полимерных мешках в одном и том

же инкубационном сосуде, который постоянно вращается при температуре 39,5 °С. При этом методе материал, исчезающий из мешка в процессе инкубации, считается переваренным. Эксперимент проводили в трехкратной повторности.

В ходе исследования осуществляли отбор проб содержимого рубца. Имеющиеся пробы разделили на контрольную (без внесения экстракта) и три опытные группы, в которых к рубцовой жидкости добавляли различное количество экстракта душицы: 1-я группа – 0,5 мл/л экстракта, 2-я – 1 мл/л, 3-я – 10 мл/л. Для получения экстракта 20 г травы заливали 200 мл дистиллированной воды, затем смесь выдерживали на водяной бане 30 мин с последующей фильтрацией.

Отбор рубцовой жидкости производили через хроническую fistulу рубца у 10-месячных быков казахской белоголовой породы с живой массой 250 кг. Основной рацион животных включал 30,0% концентратов и 70,0% грубых кормов. Транспортировку проб осуществляли в течение 30 мин, поддерживая температурный режим 38,5–39,5 °С. Рубцовую жидкость до проведения анализа хранили в закрытом сосуде без доступа воздуха. Перед использованием тщательно встраивали, процеживали через четыре слоя марли и инкубировали в искусственном рубце при постоянной температуре 39,5 °С в течение 48 ч. По окончании инкубации образцы промывались и высушивались при температуре 60 °С до константного веса.

Коэффициент переваримости сухого вещества *in vitro* вычисляли как разницу масс образца корма с мешочком до и после инкубации по следующей формуле:

$$K = (A - B)/C \times 100\%,$$

где K – коэффициент переваримости сухого вещества корма, %; A – исходная масса 1 (учитывается вес образца корма с мешочком), мг; B – масса после двухстадийной инкубации (вес образца корма с мешочком), мг; C – исходная масса 2 (вес образца корма без массы мешочка), мг.

Подсчет инфузорий проводили микроскопическим методом в счетной камере Горяева. Для этого в пробирку отбирали 5 мл профильтрованной рубцовой жидкости и смешивали ее с 0,1 мл 45%-го раствора формалина, обеспечивающего фиксацию инфузорий. Затем добавляли 0,9% NaCl, предварительно окрашенного раствором метиленового синего. Далее в камеру с сеткой Горяева под покровное стекло вносили одну каплю исследуемой жидкости. Число инфузорий подсчитывали в 100 больших квадратах. Общее количество инфузорий определяли по следующей формуле:

$$x = 25 \times A,$$

где x – количество инфузорий в 1 мм^3 ; A – число подсчитанных инфузорий.

Уровень ЛЖК в содержимом рубца определяли с помощью метода газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектированием на газовом хроматографе «Кристаллюкс-4000М». Для хроматографа с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой подбирали необходимые скорости газов и выставляли следующие параметры: программируемое повышение температуры термостата колонки 60–260 °C, температура инжектора 250 °C, температура детектора 250 °C. Время анализа составляло 40 мин, ввод пробы 1 мм^3 . В качестве образцов для градуировки применяли растворы смесей кислот в концентрации 10, 25 и 50 мкг/см³. Регистрировали не менее двух хроматограмм каждого раствора, начиная с меньшей концентрации.

Статистический анализ проводили с использованием программы Microsoft Excel. Полученные данные представляли в виде: M (среднее значение) $\pm m$ (стандартная ошибка среднего). Достоверность различий определяли по t -критерию Стьюдента. Достоверными считались результаты при $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Степень разложения корма и интенсивность переваривания напрямую обусловливают усвоение животными питательных веществ [6]. Сложный и разнообразный химический состав растений модулирует ин-

тенсивность рубцовых процессов и влияет на переваримость сухого вещества *in vitro* [7].

Из полученных данных видно, что переваримость сухого вещества в контрольной группе составляла 64,36% (см. табл. 1). При добавлении различных доз экстракта *O. vulgare* рассматриваемый показатель повышался. Так, в 1-й группе коэффициент переваримости увеличился на 5,00%, во 2-й – на 8,27, в 3-й – на 8,17% относительно контроля. При сравнении опытных групп между собой установлено, что лучшие результаты зафиксированы во 2-й группе (72,63%), концентрация экстракта в которой составляла 1 мл/л.

Число инфузорий в рубцовой жидкости разных групп находилось в пределах близких значений. Однако при добавлении минимальной концентрации экстракта наблюдалось увеличение доли простейших на 5,5%, при введении максимальной дозы отмечалось ее снижение на 16,1% по сравнению с контрольной группой. После внесения 1 мл/л экстракта *O. vulgare* число инфузорий выросло на 35,89% относительно контроля, что является лучшим результатом.

Травы и их экстракты могут образовывать перекрестные связи между бактериями и кормом, тем самым повышая скорость рубцовой ферментации и переваривания питательных веществ [8].

Таким образом, добавление 1 мл/л экстракта душицы к рубцовой жидкости способствовало росту числа инфузорий в рубце, тем самым повышая переваримость сухого вещества корма.

Добавление различных доз экстракта *O. vulgare* привело к определенным измене-

Табл. 1. Переваримость сухого вещества *in vitro* и число инфузорий в рубцовой жидкости

Table 1. The digestibility of dry matter *in vitro* and the number of infusoria in the rumen fluid

Группа	Коэффициент переваримости, %	Число инфузорий, тыс. шт./мл
Контрольная	64,36 ± 1,08	400,00 ± 20,00
1-я	69,36 ± 1,84	422,22 ± 21,10
2-я	72,63 ± 2,42	555,56 ± 27,78
3-я	72,53 ± 2,19	344,44 ± 17,22

Табл. 2. Концентрация летучих жирных кислот в рубцовой жидкости в эксперименте, мг/дм³
Table 2. Concentration of volatile fatty acids in the rumen fluid in the experiment, mg/dm³

ЛЖК	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Уксусная	20,40 ± 1,02	17,20 ± 0,86	30,10 ± 1,50	28,40 ± 1,42
Пропионовая	14,00 ± 0,70	13,30 ± 0,66*	21,20 ± 1,06*	20,80 ± 1,04*
Масляная	17,21 ± 0,86	16,80 ± 0,84	26,10 ± 1,31	25,90 ± 1,29
Валериановая	1,45 ± 0,07	1,08 ± 0,05*	1,92 ± 0,09	1,88 ± 0,09
Капроновая	0,23 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,36 ± 0,01*	0,33 ± 0,01

* $p \leq 0,05$.

ниям в рубцовой ферментации (см. табл. 2). Внесение 0,5 мл/л экстракта (1-я группа) способствовало снижению образования ЛЖК: уксусной – на 15,6%, пропионовой – на 5,0% ($p \leq 0,05$), масляной – на 2,3%, валериановой – на 25,5% ($p \leq 0,05$), капроновой – на 21,7% по сравнению с контролем. Внесение максимальной из тестируемых доз (10 мл/л, 3-я группа) обусловило повышение концентрации ЛЖК. Однако при дозировке 1 мл/л (2-я группа) происходили самые значимые изменения относительно контрольной группы, концентрация кислот увеличилась следующим образом: уксусной – на 47,5%, пропионовой – на 51,4% ($p \leq 0,05$), масляной – на 51,6%, валериановой – на 32,4%, капроновой – на 56,5% ($p \leq 0,05$).

Известно, что ЛЖК являются основными продуктами распада углеводов рациона и обеспечивают большую часть энергетических предшественников для метаболических процессов у жвачных животных. Экстракт *O. vulgare* может снизить выработку ЛЖК путем ингибирования жизнедеятельности бактерий¹ [9]. Кроме того, разные дозы экстракта душицы позволяют уменьшить популяцию простейших, снизить уровень уксусной кислоты и общее количество ЛЖК² [10]. Максимальные в рамках эксперимента дозы вызвали подобный эффект.

Установлено, что эфирные масла, будучи вторичными метаболитами растений, не только влияют на выработку ЛЖК в целом, но и, в частности, увеличивают про-

дукцию масляной кислоты, которая обычно считается лучшей, поскольку стимулирует метаболизм рубца [11, 12].

Таким образом, высокие дозы (1 и 10 мл/л) растительного экстракта оказывали положительное воздействие на микробную ферментацию рубца, способствуя увеличению общей концентрации ЛЖК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предыдущие исследования с использованием *O. vulgare* показали, что экстракт душицы может влиять на бактериальные сообщества рубца жвачных, повышая переваримость корма, одновременно увеличивая ферментацию ЛЖК. Однако большое количество рубцовых бактерий еще предстоит культивировать. Следует отметить, что результаты, полученные в настоящем эксперименте, могут иметь ограничения. Будущие исследования *in vivo* необходимы для оптимизации нормы внесения *O. vulgare*, чтобы можно было достичь эффективного увеличения переваримости и ферментации корма в рубце.

Так, при добавлении максимально допустимой дозы экстракта (10 мл/л) наблюдается снижение общего числа инфузорий на 16,1%, в это же время переваримость сухого вещества корма остается высокой и составляет 72,53%. При введении экстракта душицы в минимальной дозировке происходит увеличение обоих показателей, но в наименьшей степени.

¹Patra A.K. Effects of essential oils on rumen fermentation, microbial ecology and ruminant production // Asian Journal of Animal and Veterinary Advances. 2011. Vol. 6 (5). P. 416–428.

²Khiaosa R., Zebeli Q. Meta-analysis of the effects of essential oils and their bioactive compounds on rumen fermentation characteristics and feed efficiency in ruminants // Journal of Animal Science. 2013. Vol. 91 (4). P. 1819–1830.

Таким образом, оптимальная норма внесения в корм экстракта *O. vulgare* для будущих исследований составляет 1 мг/л для взрослых животных, так как указанная концентрация способствует повышению переваримости сухого вещества корма до 72,63% и оказывает положительное воздействие на микробную ферментацию рубца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Zhengwen W., Xiongxiong L., Lingyun Z., Jianping W., Shengguo Z., Ting J.* Effect of Oregano Oil and Cobalt Lactate on Sheep *in vitro* Digestibility, Fermentation Characteristics and Rumen Microbial Community // *Animals*. 2022. Vol. 12 (1). P. 118. DOI: 10.3390/ani12010118.
2. *Valdivieso U.M., Gomez L.C., Plaza D.J., Gil A.* Antimicrobial, antioxidant, and immunomodulatory properties of essential oils: A systematic review // *Nutrients*. 2019. Vol. 11 (11). P. 2786. DOI: 10.3390/nu11112786.
3. *Garcia F., Colombatto D., Brunetti M.A., Martinez M.J., Moreno M.V., Turcato M.C.S., Lucini E., Frossasco G., Martinez Ferrer J.* The reduction of methane production in the *in vitro* ruminal fermentation of different substrates is linked with the chemical composition of the essential oil // *Animals*. 2020. Vol. 10 (5). P. 786. DOI: 10.3390/ani10050786.
4. *Zhou R., Wu J., Lang X., Liu L., Casper D.P., Wang C., Zhang L., Wei S.* Effects of oregano essential oil on *in vitro* ruminal fermentation, methane production, and ruminal microbial community // *Journal Dairy Science*. 2020. Vol. 103 (3). P. 2303–2314. DOI: 10.3168/jds.2019-16611.
5. *Benchaar C.* Feeding oregano oil and its main component carvacrol does not affect ruminal fermentation, nutrient utilization, methane emissions, milk production, or milk fatty acid composition of dairy cows // *Journal of Dairy Science*. 2020. Vol. 103 (2). P. 1516–1527. DOI: 10.3168/jds.2019-17230.
6. *Komlatsky V.I., Komlatsky G.V., Mosolov A.A., Struk A.N., Spivak M.E.* Eco-friendly ways to feed pigs without antibiotics // IOP Conference. Ser.: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 965. P. 12021. DOI: 10.1088/1755-1315/965/1/012021.
7. *Benetel G., dos Santos Silva T., Fagundes G.M., Welter K.C., Melo F.A., Lobo A.A.G., Muir J.P., Bueno C.S.* Essential Oils as *in vitro* Ruminal Fermentation Manipulators to Mitigate Methane Emission by Beef Cattle Grazing Tropical Grasses // *Molecules*. 2022. Vol. 27 (7). P. 2227. DOI: 10.3390/molecules27072227.
8. *Балджи Ю.А., Султанаева Л.З.* Эффективность использования фитобиотических добавок в рационе крупного и мелкого рогатого скота (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 2. С. 96–110. DOI: 10.33284/2658-3135-104-2-96.
9. *Olijhoek D.W., Hellwing A.L.F., Grevesen K., Haveman L.S., Chowdhury M.R., Loven-dahl P., Weisbjerg M.R., Noel S.J., Hojberg O., Wiking L., Lund P.* Effect of dried oregano (*Origanum vulgare* L.) plant material in feed on methane production, rumen fermentation, nutrient digestibility, and milk fatty acid composition in dairy cows // *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102 (11). P. 9902–9918. DOI: 10.3168/jds.2019-16329.
10. *Stefenoni H.A., Räisänen S.E., Cueva S.F., Was-son D.E., Lage C.F.A., Melgar A., Fetter M.E., Smith P., Hennessy M., Vecchiarelli B., Ben-der J., Pitta D., Cantrell C.L., Yarish C., Hris-tov A.N.* Effects of the macroalga *Asparagopsis taxiformis* and oregano leaves on methane emission, rumen fermentation, and lactational performance of dairy cows // *Journal of Dairy Science*. 2021. Vol. 104 (4). P. 4157–4173. DOI: 10.3168/jds.2020-19686.
11. *Poudel P., Froehlich K., Casper D.P.* Feeding essential oils to neonatal holstein dairy calves results in increased ruminal prevotellaceae abundance and propionate concentrations // *Microorganisms*. 2019. Vol. 7 (5). P. 120. DOI: 10.3390/microorganisms7050120.
12. *Wang Z., Li X., Zhang L., Wu J., Zhao S., Jiao T.* Effect of Oregano Oil and Cobalt Lactate on Sheep *in vitro* Digestibility, Fermentation Characteristics and Rumen Microbial Community // *Animals*. 2022. Vol. 12 (1). P. 118. DOI: 10.3390/ani12010118.

REFERENCES

1. *Zhengwen W., Xiongxiong L., Lingyun Z., Jianping W., Shengguo Z., Ting J.* Effect of Oregano Oil and Cobalt Lactate on Sheep *in vitro* Digestibility, Fermentation Characteristics and Rumen Microbial Community. *Animals*, 2022, vol. 12 (1), p. 118. DOI: 10.3390/ani12010118.
2. *Valdivieso U.M., Gomez L.C., Plaza D.J., Gil A.* Antimicrobial, antioxidant, and immunomodulatory properties of essential oils: A systematic review. *Nutrients*, 2019, vol. 11 (11), p. 2786. DOI: 10.3390/nu11112786.

3. Garcia F., Colombatto D., Brunetti M.A., Martínez M.J., Moreno M.V., Turcato M.C.S., Lucini E., Frossasco G., Martínez Ferrer J. The reduction of methane production in the *in vitro* ruminal fermentation of different substrates is linked with the chemical composition of the essential oil. *Animals*, 2020, vol. 10 (5), p. 786. DOI: 10.3390/ani10050786.
4. Zhou R., Wu J., Lang X., Liu L., Casper D.P., Wang C., Zhang L., Wei S. Effects of oregano essential oil on *in vitro* ruminal fermentation, methane production, and ruminal microbial community. *Journal Dairy Science*, 2020, vol. 103 (3), p. 2303–2314. DOI: 10.3168/jds.2019-16611.
5. Benchaar C. Feeding oregano oil and its main component carvacrol does not affect ruminal fermentation, nutrient utilization, methane emissions, milk production, or milk fatty acid composition of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2020, Vol. 103 (2), P. 1516–1527. DOI: 10.3168/jds.2019-17230.
6. Komlatsky V.I., Komlatsky G.V., Mosolov A.A., Struk A.N., Spivak M.E. Eco-friendly ways to feed pigs without antibiotics. *IOP Conference. Ser.: Earth and Environmental Science*, 2022, vol. 965, p. 12021. DOI: 10.1088/1755-1315/965/1/012021.
7. Benetel G., dos Santos Silva T., Fagundes G.M., Welter K.C., Melo F.A., Lobo A.A.G., Muir J.P., Bueno C.S. Essential Oils as *in vitro* Ruminal Fermentation Manipulators to Mitigate Methane Emission by Beef Cattle Grazing Tropical Grasses. *Molecules*, 2022, vol. 27 (7), p. 2227. DOI: 10.3390/molecules27072227.
8. Balji Yu.A., Sultanaeva L.Z. The effectiveness of the use of phytobiotic additives in the diet of large and small cattle (review). *Zhivotnovodstvo i kormoprovodstvo = Animal Husbandry and Fodder Production*, 2021, vol. 104, no. 2, pp. 96–110. (In Russian). DOI: 10.33284/2658-3135-104-2-96.
9. Olijhoek D.W., Hellwing A.L.F., Grevsen K., Haveman L.S., Chowdhury M.R., Lovendahl P., Weisbjerg M.R., Noel S.J., Hojberg O., Wiking L., Lund P. Effect of dried oregano (*Origanum vulgare* L.) plant material in feed on methane production, rumen fermentation, nutrient digestibility, and milk fatty acid composition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2019, vol. 102 (11), p. 9902–9918. DOI: 10.3168/jds.2019-16329.
10. Stefenoni H.A., Räisänen S.E., Cueva S.F., Wasson D.E., Lage C.F.A., Melgar A., Fetter M.E., Smith P., Hennessy M., Vecchiarelli B., Bender J., Pitta D., Cantrell C.L., Yarish C., Hristov A.N. Effects of the macroalga *Asparagopsis taxiformis* and oregano leaves on methane emission, rumen fermentation, and lactational performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2021, vol. 104 (4), p. 4157–4173. DOI: 10.3168/jds.2020-19686.
11. Poudel P., Froehlich K., Casper D.P. Feeding essential oils to neonatal holstein dairy calves results in increased ruminal prevotellaceae abundance and propionate concentrations. *Microorganisms*, 2019, vol. 7 (5), p. 120. DOI: 10.3390/microorganisms7050120.
12. Wang Z., Li X., Zhang L., Wu J., Zhao S., Jiao T. Effect of Oregano Oil and Cobalt Lactate on Sheep *in vitro* Digestibility, Fermentation Characteristics and Rumen Microbial Community. *Animals*, 2022, vol. 12 (1), p. 118. DOI: 10.3390/ani12010118.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

(✉) Иванищева А.П., специалист-техник; **адрес для переписки:** Россия, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29; e-mail: nessi255@mail.ru

Сизова Е.А., доктор биологических наук, доцент, руководитель центра

Камирова А.М., кандидат биологических наук, научный сотрудник

Шошин Д.Е., аспирант, лаборант-исследователь

Яушева Е.В., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

(✉) Anastasia P. Ivanishcheva, Specialist Technician; **address:** 29, 9 January St., Orenburg, 460000, Russia; e-mail: nessi255@mail.ru

Elena A. Sizova, Doctor of Science in Biology, Head of the Center

Ayna M. Kamirova, Candidate of Science in Biology, Researcher

Daniel E. Shoshin, Post-graduate Student, Laboratory Researcher

Elena V. Yakusheva, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher