

Краткие сообщения

Рубрика

doi.org/10.31043/2410-2733-2024-4-93-92
УДК 619:636.2Е. С. Слепцов¹, И. В. Алферов¹, Л. Ю. Гаврильева¹, К. Р. Нифонтов², Н. А. Стручков², А. Н. Нюкканов²,
М. С. Саввинова², В. О. Виноходов³**Состав и роль эндобионтных инфузорий в пищеварительном тракте изюбря, обитающего в Якутии****Аннотация.**

Цель: исследование состава и роли эндобионтных инфузорий в пищеварительном тракте изюбря, обитающего в Якутии.

Материалы и методы. Исследование проведено на материалах, полученных из преджелудков животных, доставленных из Амгинского улуса в декабре. Всего исследовали одно животное, от которого взяли две пробы. Микроскопическое изучение инфузорий проводили при анализе отпечатков проб. Определяли видовую принадлежность, численность и морфологические показатели.

Результаты. В ходе анализа было выявлено пять видов эндобионтных инфузорий, включая *Entodinium fursa monolobum*, *Entodinium anteronucleatum*, *Epidinium ecaudatum* и *Eudiplodinium maggii*, принадлежащих к родам *Entodinium*, *Epidinium* и *Eudiplodinium*. Особый интерес вызывает обнаружение *Entodinium anteronucleatum*, специфичного для изюбря, что делает его уникальным в биоразнообразии преджелудковых микроорганизмов. Сравнительный анализ показал наличие общих видов инфузорий с крупным рогатым скотом – *Entodinium fursa*, *Epidinium ecaudatum*, *Eudiplodinium maggii*, что может свидетельствовать о схожести пищеварительных процессов у этих животных, хотя у изюбря они более эффективны благодаря ограниченной кормовой базе. Исследования подтвердили участие эндобионтных микроорганизмов, особенно микроаэрофильных организмов родов *Entodinium* и *Eudiplodinium*, в процессах переработки пищи, включая грубую клетчатку растений. Эти процессы играют важную роль в улучшении качества и эффективности пищеварения, а также доступности питательных веществ. Дальнейшее изучение эндобионтных микроорганизмов может иметь перспективы для разработки новых ветеринарных препаратов, направленных на регулирование состава и количества микрофлоры и микрофауны преджелудков не только у изюбря, но и у других жвачных животных.

Ключевые слова: инфузории, преджелудки жвачных, изюбрь, физиология пищеварения жвачных.

Авторы:

Слепцов Е. С. — доктор ветеринарных наук; профессор; ORCID: 0000-0002-7478-9011; e-mail: evgeniyce-menovic@mail.ru;

Алферов И. В. — кандидат сельскохозяйственных наук; ORCID: 0000-0002-9795-5238; e-mail: ivan.alferov@mail.ru;

Гаврильева Л. Ю. — кандидат ветеринарных наук; e-mail: evgeniyce-menovic@mail.ru;

Нифонтов К. Р. — кандидат ветеринарных наук; ORCID: 0000-0002-3414-127X; e-mail: kosnif@yandex.ru;

Стручков Н. А. — кандидат ветеринарных наук; e-mail: nykkanovan@agatu.ru

Нюкканов А. Н. — доктор биологических наук; e-mail: nykkanovan@agatu.ru;

Саввинова М. С. — доктор ветеринарных наук; e-mail: nykkanovan@agatu.ru;

Виноходов В. О. — кандидат ветеринарных наук; e-mail: 9440427@mail.ru.

¹Якутский научный центр Сибирского отделения РАН — Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М. Г. Сафронова; 677001, Россия, г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, д. 23, корпус 1.

²Арктический государственный агротехнологический университет; 677007, Россия, г. Якутск, ш. Сергеляхское 3 км, д. 3.

³Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины; 196084, Россия, Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5.

Введение. Пищеварительные процессы у диких жвачных животных Сибири имеют огромное значение для их использования в животноводстве, особенно в условиях Якутии, где особое внимание уделяется взаимосвязи микробной фауны и рациона животных. Это важное взаимодействие оказывает существенное влияние на здоровье и продуктивность животных, так как известно, что состав микрофауны, в частности протозойной фауны, зависит напрямую от питания животного [1]. В связи с этим понимание роли микробных симбионтов в процессе пищеварения становится ключевым аспектом для оптимизации кормления и улучшения условий содержания диких и домашних жвачных животных.

Фауна инфузорий-эндобионтов, обитающих в рубцах крупного рогатого скота и других домашних жвачных Якутии, исследована достаточно детально [2, 3]. Однако, несмотря на значительный интерес к симбиотическим микроорганизмам в пищеварительном тракте одомашненных видов, эндобионтные инфузории диких жвачных животных изучены далеко не в такой степени. Это открывает широкий простор для исследований, поскольку в пищеварении диких животных наблюдаются уникальные особенности, которые могут кардинально отличаться от тех, что характерны для домашних видов.

Рационы диких жвачных животных, например, изюбря, разнообразны и существенно изменяются в зависимости от времени года. В летний период изюбрь питается ветками хвойных и лиственных деревьев, кустарниками, разнотравьем, хвощами, лишайниками и грибами. Однако в зимний период рацион значительно сокращается, что делает этот сезон особенно трудным для животных. Зимой изюбрь предпочитает обитать в поймах рек, заросших густыми кустарниками, а также посещать засохшие травяные склоны и солонцы. Эти условия требуют от животных максимальной адаптации к сезонным изменениям и эффективного использования ограниченных кормов, что, в свою очередь, влияет на характер их пищеварительных процессов.

Протозои-инфузории играют ключевую роль в микробной экосистеме рубца у жвачных, оказывая значительное влияние на развитие бактерий и расщепление углеводов. Это было тщательно изучено на других видах жвачных животных, где проводились эксперименты с микробными популяциями, сравнивая фауны животных с их собственной микрофлорой и дефаунированными особями [4-6]. Эти исследования позволяют делать выводы о том, как микробиота преджелудков участвует в переработке грубых кормов и обеспечении животных необходимыми

питательными веществами, такими как клетчатка и сложные углеводы, которые не могут быть переварены без участия симбиотических микроорганизмов [7].

Многочисленные научные работы подтверждают, что между хозяином и симбиотическими инфузориями существует эволюционная взаимосвязь [4-7]. Эти микроорганизмы адаптировались к специфическим условиям пищеварительного тракта своих хозяев, что создает устойчивую симбиотическую систему. Влияние этого симбиоза на эволюцию и разнообразие микрофауны имеет огромное значение для экологии и физиологии жвачных животных. В частности, изучение эндобионтной фауны у изюбря представляет собой актуальную задачу для современной науки. Это позволит не только углубить знания о физиологических и экологических особенностях этого вида, но и разработать более эффективные подходы к управлению его популяциями. Изучение микробиоты у изюбря в условиях Якутии представляет собой важную задачу не только с точки зрения фундаментальной биологии, но и с практической точки зрения для животноводства.

Цель: исследование состава и роли эндобионтных инфузорий в пищеварительном тракте изюбря, обитающего в Якутии.

Материалы и методы. Исследования симбиотической фауны изюбря проводили в лаборатории воспроизводства и физиологии животных ФИЦ ЯНЦ СО РАН Якутский НИИСХ им. М. Г. Сафронова. Пробы содержимого преджелудков были собраны в Амгинском улусе в первой декаде декабря. Всего исследовали одно животное, от которого взяли две пробы. Биологический материал содержимого пищеварительного тракта отобрали после лицензионного отстрела животных в разрешенный сезон охоты в ноябре. Пробы содержимого рубца, сетки и книжки были взяты у животных в течение 20–25 минут после отстрела. Пробы фиксировали в 10%-м растворе формалина. Микроскопическое изучение инфузорий проводили при анализе отпечатков проб, а их определение осуществляли с помощью методов, описанных в определителях Догеля В. А. и Корниловой О. А. [8–11]. Для контрастирования препаратов применяли окрашивание метиловым зеленым и раствором Люголя. Инфузорий (не менее 30 экземпляров каждого вида) и их внутриклеточные структуры измеряли с использованием микроскопических методов и специальных инструментов. Численность инфузорий в исследуемых образцах определяли методом «калиброванной капли» по методике Корниловой О. А. [12].

Результаты и обсуждение. Нами впервые было проведено исследование симбиофауны изюбря, обитающего в Якутии, с акцентом на состав эндобионтных инфузорий, встречающихся в его пищеварительном тракте. Результаты анализа показали наличие четырёх видов инфузорий, принадлежащих к трем родам: *Entodinium*, *Epidinium* и *Eudiplodinium* (табл. 1).

Исследования показали, что среди выявленных видов инфузорий *Entodinium anteronucleatum* является специфичным для изюбря, что, вероятно, связано с особенностями его пищеварительной системы, адаптированной к растительности региона. Инфузории рода *Entodinium* играют ключевую роль в разрушении растительной клетчатки, которая составляет основную часть рациона изюбря. Эти микроорганизмы существуют в симбиозе с хозяином, обеспечивая эффективное переваривание растительных волокон в преджелудках, что позволяет изюбрам адаптироваться к условиям питания, характерным для их экологической ниши [13].

Особенности пищеварительного процесса у изюбря также имеют сходство с крупным рогатым скотом, который имеет общие виды инфузорий, такие как *Entodinium fursa*, *Epidinium ecaudatum* и *Eudiplodinium maggii*. Тем не менее, у изюбря эти процессы могут быть более эффективными, поскольку его кормовая база ограничена, в отличие от крупного рогатого скота, который часто получает дополнительную подкормку, особенно зимой. Эти различия в рационе могут влиять на эффективность пищеварения и особенности микробиоты преджелудков у данных животных.

Симбиотические отношения между инфузориями и изюбром не вызывают сомнений. Микроаэрофильные инфузории, особенно из родов *Entodinium* и *Eudiplodinium*, активно участвуют в переваривании питательных веществ, включая грубую клетчатку растений. В процессе их переваривания они также могут служить источником белка для хозяина. Исследования на других животных, таких как овцы, показывают, что раз-

личные виды инфузорий влияют на процессы ферментации в рубце, изменяя параметры переваривания азота, уровень аммиака, а также продукцию короткоцепочных жирных кислот и газовый состав. Например, сочетание *Eudiplodinium maggii* и *Epidinium ecaudatum* снижает уровень аммиака, а *Epidinium ecaudatum* повышает уровень короткоцепочных жирных кислот, изменяя соотношение ацетата и пропионата. Эти изменения могут существенно влиять на микробиологическую активность в преджелудках, повышая эффективность переваривания пищи [13].

Такие ферментативные процессы имеют значительное влияние на качество пищеварения, а также на доступность питательных веществ в корме. Следовательно, дальнейшее изучение состава и функции микрофауны преджелудков, а также разработка ветеринарных препаратов для регулирования микрофлоры у изюбрей и других животных представляет собой перспективное направление. Эти исследования могут значительно улучшить условия содержания и кормления сельскохозяйственных животных в условиях ограниченных кормовых ресурсов, характерных для регионов с суровыми климатическими условиями, таких как Якутия.

Выводы:

1. В пищеварении у изюбря, помимо экзоферментов бактерий, важную роль играют эндобионтные микроаэрофильные инфузории, являющиеся ключевым элементом биоценоза преджелудков и способствующие перевариванию растительных волокон, составляющих основную часть рациона изюбря.
2. Изучение эндобионтных инфузорий у жвачных животных, включая изюбря, с целью разработки ветеринарных препаратов для регулирования состава и численности микрофауны преджелудков имеет важное экономическое значение, особенно для эффективного кормления и улучшения условий содержания сельскохозяйственных животных в регионах с ограниченными кормовыми ресурсами, таких как Якутия.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-16-20013, <https://rscf.ru/project/22-16-20013/> с софинансированием АНО «Якутский научный фонд».

Таблица 1. Видовой состав эндобионтных инфузорий в пищеварительном тракте изюбря

№	Вид инфузории	Род	Особенности [10,12,13]
1	<i>Entodinium fursa monolobum</i>	<i>Entodinium</i>	Микроаэрофильные, важны для ферментации питательных веществ
2	<i>Entodinium anteronucleatum</i>	<i>Entodinium</i>	Участвует в переработке клетчатки
3	<i>Epidinium ecaudatum</i>	<i>Epidinium</i>	Участвует в переработке клетчатки
4	<i>Eudiplodinium maggii</i>	<i>Eudiplodinium</i>	Регулирует баланс микрофауны преджелудков

Литература

1. Hristov A. N. Fermentation characteristics and ruminal ciliate protozoal populations in cattle fed medium- or high-concentrate barley-based diets / A. N. Hristov, M. Ivan, L. M. Rode, T. A. McAllister // J. Anim. Sci. — 2001. — № 79. — P. 515–524
2. Слепцов Е. С. Разнообразие инфузорной симбиофауны крупного рогатого скота / Е. С. Слепцов, К. В. Племяшов, Г. Н. Мачахтыров [и др.] // Генетика и разведение животных. — 2023. — № 3. — С. 13–24. DOI: 10.31043/2410-2733-2023-3-13-24.
3. Слепцов Е. С. Особенности видового состава эндобионтной фауны полигастрических домашних животных Якутии / Е. С. Слепцов, Г. Н. Мачахтыров, В. А. Мачахтырова [и др.] // Ветеринария и кормление. — 2023. — № 6. — С. 65–70. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-6-15.
4. Belanche A. Study of the effect of presence or absence of protozoa on rumen fermentation and microbial protein contribution to the chyme / A. Belanche, L. Abecia et al. // J. Anim. Sci. — 2011. — № 89. — 4163–4174.
5. Williams A. G., Coleman G. S. The Rumen Protozoa. New York: Springer; 1992.
6. Williams C. L. Rumen protozoa play a significant role in fungal predation and plant carbohydrate breakdown / C. L. Williams, B. J. Thomas et al. // Front Microbiol. — 2020. — №11. — 720 p.
7. Andersen T. O. Metabolic influence of core ciliates within the rumen microbiome / T. O. Andersen, I. Altshuler et al. // ISME J. — 2023. - №17 (7). — P. 1128-1140. doi: 10.1038/s41396-023-01407-y.
8. Догель В. А. Простейшие — Protozoa. Малоресничные инфузории — *Infusoria Oligotricha*. Сем. *Ophryoscolecidae*. Определитель по фауне СССР. [Текст] / В. А. Догель. — Л.: АН СССР, 1929. — 96 с.
9. Корнилова О. А. Эндобионтные инфузории млекопитающих / О. А. Корнилова // Функциональная морфология, экология и жизненные циклы животных. Сборник научных трудов кафедры зоологии РГПУ им. А.И. Герцена. СПб: ТЕССА. — 2006. — Вып. 6. — С. 21–78.
10. Корнилова О. А. Определитель инфузорий, обитающих в пищеварительном тракте млекопитающих / О. А. Корнилова // Сборник научных трудов кафедры зоологии РГПУ им. А. И. Герцена. СПб: ТЕССА. — 2010. — Вып. 10. — С. 59–94.
11. Dehority B. A. Laboratory Manual for Classification and Morphology of Rumen Ciliate Protozoa, CRC Press, Boca Raton, FL. 1993. — 128 pp.
12. Корнилова О.А. Метод комплексного обследования фауны эндобионтных инфузорий // Функциональная морфология, экология и жизненные циклы животных. Сборник научных трудов кафедры зоологии РГПУ им. А.И. Герцена. Выпуск 4 // СПб: ТЕССА, 2004. — С. 75–77.
13. Zeitz J. O. Effect of the rumen ciliates *Entodinium caudatum*, *Epidinium ecaudatum* and *Eudiplodinium maggii*, and combinations thereof, on ruminal fermentation and total tract digestion in sheep / J. O. Zeitz, S. L. Amelchanka et al. / Arch Anim Nutr. — 2012. - № 66(3). — P. 180–199. DOI: 10.1080/1745039x.2012.676817.

Sleptsov E.¹, Alferov I.¹, Gavrilyeva L.¹, Nifontov K.², Struchkov N.², Nyukkanov A.², Savvinova M.², Vinokhodov V.³

Composition and Role of Endobiont Infusorians in the Digestive Tract of the Manchurian Deer in Yakutia

Abstract.

Purpose: to study the composition and role of endobiont ciliates in the digestive tract of red deer living in Yakutia.

Materials and methods. The study was conducted on materials obtained from the forestomachs of animals delivered from the Amginsky ulus in December. In total, one animal was examined, from which two samples were taken. Microscopic examination of ciliates was carried out during the analysis of sample prints. Species affiliation, abundance and morphological parameters were determined.

Results. During the analysis, five species of endobiont ciliates were identified, including *Entodinium fursa monolobum*, *Entodinium anteronucleatum*, *Epidinium ecaudatum* and *Eudiplodinium maggii*, belonging to the genera *Entodinium*, *Epidinium* and *Eudiplodinium*. Of particular interest is the discovery of *Entodinium anteronucleatum*, specific to red deer, which makes it unique in the biodiversity of forestomach microorganisms. Comparative analysis showed the presence of common species of ciliates with cattle - *Entodinium fursa*, *Epidinium ecaudatum*, *Eudiplodinium maggii*, which may indicate the similarity of digestive processes in these animals, although in red deer they are more effective due to the limited food supply. Studies have confirmed the participation of endobiont microorganisms, especially microaerophilic organisms of the genera *Entodinium* and *Eudiplodinium*, in the processes of food processing, including coarse plant fiber. These processes play an important role in improving the quality and efficiency of digestion, as well as the availability of nutrients. Further study of endobiont microorganisms may have prospects for the development of new veterinary drugs aimed at regulating the composition and quantity of microflora and microfauna of the forestomachs not only in red deer, but also in other ruminants.

Key words: infusoria, ruminant foregut, Manchurian deer, physiology of ruminant digestion.

Authors:

Sleptsov E. — Dr. Habil. (Vet. Sci.); Professor; ORCID: 0000-0002-7478-9011; e-mail: evgeniyemenovic@mail.ru;

Alferov I. — PhD (Agr. Sci.); ORCID: 0000-0002-9795-5238; e-mail: ivan.alferov@mail.ru;

Gavrilyeva L. — PhD (Vet. Sci.); e-mail: evgeniyemenovic@mail.ru;

Nifontov K. — PhD (Vet. Sci.); ORCID: 0000-0002-3414-127X; e-mail: kosnif@yandex.ru;

Struchkov N. — PhD (Vet. Sci.); e-mail: nykkanovan@agatu.ru;

Nyukkanov A. — Dr. Habil. (Biol. Sci.); e-mail: nykkanovan@agatu.ru;

Savvinova M. — Dr. Habil. (Vet. Sci.); e-mail: nykkanovan@agatu.ru;

Vinokhodov V. — PhD (Vet. Sci.); e-mail: 9440427@mail.ru.

¹Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences - Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after M. G. Safronov; 677001, Russia, Yakutsk, st. Bestuzhev-Marlinskogo, 23, building 1.

²Arctic State Agrotechnological University; 677007, Russia, Yakutsk, sh. Sergelyakhskoe 3 km, no. 3.

³St. Petersburg State University of Veterinary Medicine; 196084, Russia, Saint Petersburg, Chernigovskaya st., 5.

References

1. Hristov A. N. Fermentation characteristics and ruminal ciliate protozoal populations in cattle fed medium- or high-concentrate barley-based diets / A. N. Hristov, M. Ivan, L. M. Rode, T. A. McAllister // J. Anim. Sci. — 2001. — № 79. — P. 515–524
2. Sleptsov E. S. Diversity of the ciliate symbiofauna of cattle / E. S. Sleptsov, K. V. Plemyashov, G. N. Machakhtyrov [etc.] // Genetics and animal breeding. — 2023. — No. 3. — P. 13–24.
3. Sleptsov E. S. Features of the species composition of the endobiont fauna of polygastric domestic animals of Yakutia / E. S. Sleptsov, G. N. Machakhtyrov, V. A. Machakhtyrova [et al.] // Veterinary and feeding. — 2023. — No. 6. — P. 65–70. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-6-15.

4. Belanche A. Study of the effect of presence or absence of protozoa on rumen fermentation and microbial protein contribution to the chyme / A. Belanche, L. Abecia et al. // J. Anim. Sci. – 2011. – № 89. – 4163–4174.
5. Williams A. G., Coleman G. S. The Rumen Protozoa. New York: Springer; 1992.
6. Williams C. L. Rumen protozoa play a significant role in fungal predation and plant carbohydrate breakdown / C. L. Williams, B. J. Thomas et al. // Front Microbiol. – 2020. – №11. – 720 p.
7. Andersen T. O. Metabolic influence of core ciliates within the rumen microbiome / T. O. Andersen, I. Altshuler et al. // ISME J. – 2023. – №17 (7). – P. 1128-1140. DOI: 10.1038/s41396-023-01407-y.
8. Dogel, V. A. Protozoa. Infusoria Oligotricha. Family Ophryoscolecidae. Key to the fauna of the USSR. [Text] / V. A. Dogel. – L.: USSR Academy of Sciences, 1929. – 96 p.
9. Kornilova, O. A. Endobiont ciliates of mammals / O. A. Kornilova // Functional morphology, ecology and life cycles of animals. Collection of scientific papers of the Department of Zoology, Herzen State Pedagogical University. St. Petersburg: TESSA. – 2006. – Issue 6. – P. 21–78.
10. Kornilova O. A. Identifier of ciliates living in the digestive tract of mammals / O. A. Kornilova // Collection of scientific papers of the Department of Zoology of the Herzen State Pedagogical Univ. St. Petersburg: TESSA. – 2010. – Issue 10. – P. 59–94.
11. Dehority B. A. Laboratory Manual for Classification and Morphology of Rumen Ciliate Protozoa, CRC Press, Boca Raton, FL. 27. 1993. – 128 pp.
12. Kornilova O. A. Method of complex examination of the fauna of endobiont ciliates // Functional morphology, ecology and life cycles of animals. Collection of scientific papers of the Department of Zoology of the Herzen State Pedagogical Univ. of Russia. Issue 4 // St. Petersburg: TESSA, 2004. – P. 75–77.
13. Zeitz J. O. Effect of the rumen ciliates *Entodinium caudatum*, *Epidinium ecaudatum* and *Eudiplodinium maggii*, and combinations thereof, on ruminal fermentation and total tract digestion in sheep / J. O. Zeitz, S. L. Amelchanka et al. / Arch Anim Nutr. – 2012. – № 66(3). – P. 180–199. DOI: 10.1080/1745039x.2012.676817.