УДК 593.17+636.32/38

ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ЭНДОБИОНТНЫХ ИНФУЗОРИЙ

Чёрная Л.В.

ГБОУ ВПО «Омская государственная медицинская академия Минздрава России», Омск, e-mail: lchernaya@mail.ru

В ходе исследования были обнаружены специфические эндобионтные инфузории в пищеварительном тракте самых разных жвачных животных. Несмотря на значительные различия в биологии, экологии и филогении хозяев, прослеживаются сходные тенденции в приуроченности инфузорий к определенным отделам желудка и кишечника.

Ключевые слова: инфузории, желудок, жвачные животные

FEATURES POWER ENDOBIOTIC CILIATES

Chernaya L.V.

GBOU VPO «Omsk state medical Academy Ministry of health of Russia», Omsk, e-mail: chernaya@mail.ru

During the research we have discovered specific endobiont ciliates in the digestive tract of various ruminants. Despite significant differences in the biology, ecology and phylogeny of the hosts showed similar trends in the distribution of ciliates to certain sections of the stomach and intestines.

Keywords: ciliates, stomach, ruminants

В многокамерном желудке овец домашних четко выделяются четыре камеры: рубец, сетка, книжка и сычуг. Функциональное значение камер различно, отсюда различна их структура и величина.

Наряду с этим следует отметить, что желудок овец домашних по емкости значительно меньше, чем у крупного рогатого скота. Содержимое желудка крупного рогатого скота составляет в среднем 20% от веса животного, а у овец 10%. Желудок овец имеет, таким образом, относительную вместимость в среднем в два раза меньшую, чем у крупного рогатого скота.

Первые три отдела: – рубец, сетка, книжка образуют так называемые преджелудки и выстланы многослойным эпителием; преджелудки лишены пищеварительных желез и в них происходит лишь бактериальное брожение с участием населяющих их симбионтов, которые могут существовать только в слабощелочной или нейтральной среде.

Сбор материала проводился на территории центральной лесостепи Омской области. Из разных отделов желудка 35 овец романовской породы было собрано 350 проб, содержащих эндобионтных инфузорий (по 10 проб из каждого желудка). Дополнительно отбирались пробы из кишечника каждой особи овцы: слепой кишки, толстого кишечника, прямой кишки. Пробы фиксировали 4% раствором формалина. Промежуток времени от забоя овец до взятия проб составлял не более 15–20 минут. Определение видов проведено по определительным таблицам [1, 2], после изготовления временных препаратов с применением гистохимических и цитохимических методик. Подсчет численности инфузорий проводился методом «калиброванной капли» в полях зрения или в счетной камере Горяева [3, 4].

Инфузории в этой слабощелочной или нейтральной среде имеют оптимум для своей жизни. Они, используя, целлюлярные бактерии, белки пищи и расщепленные ингредиенты клетчатки, превращают их в гликоген, который вместе с самим телом инфузорий служит источником питания для организма жвачных животных. Рябиков А.Я. отмечает, что положительная роль инфузорий сводится к тому, что они, потребляя растительный белок, часто неполноценный, как бы «облагораживают» его, переводя в более полноценный для животного организма. Известно, что, помимо бактерий в рубце жвачных животных обитает большое количество симбиотических инфузорий, которые вместе с кормом переходят в следующие отделы пищеварительного тракта, переваривание их происходит только в сычуге, давая дополнительное белковое питание [5].

Сложные биохимические процессы совершаются не только в рубце, но в сетке и книжке. Они рассматриваются в настоящее время, как результат жизнедеятельности микроорганизмов – бактерий и простейших, населяющих рубец. Возможно, что в рубцовом пищеварении принимают участие и фитоферменты, однако, какая часть общей ферментативной активности рубцового содержимого приходится на их долю, еще недостаточно ясно. По мнению

Догеля В.А. простейшие способствуют измельчению растительной пищи [6].

Инфузории используют поступающий в рубец корм для своего питания и для построения собственного тела, а также протисты имеют собственную целлюлозу и переваривают клетчатку за счет бактерий, живущих в симбиозе с ними.

Условия, имеющиеся в рубце, способствуют развитию там обильной по численности микрофлоры. К числу их относятся благоприятная и постоянная температура, близкая к нейтральной реакция рубцового содержимого, обилие и постоянный приток питательных веществ. Микроорганизмы, населяющие рубец, обладают весьма разнообразной ферментативной активностью.

Кроме процессов микробного разрушения веществ корма, в рубце происходят весьма активные процессы синтеза.

Рассматривая рубец, мы можем сказать, что именно рубец представляет собой очень важную специализированную камеру сложного желудка, где развиваются бактерии и простейшие, и в связи с этим достигается использование в качестве корма клетчатки.

Сетка – второй по величине отдел сложного желудка. В неё поступают растительные пищевые массы после вторичного пережевывания. Они, как правило, мягче и имеют более мелкую структуру, чем в рубце. Однако и среди этой обработанной массы встречаются крупные частицы, которые и накапливаются в сетке.

В связи с эндосимбиотическим образом жизни у инфузорий семейств Ophryoscolecidae Stein, 1859 и Isotrichidae Bütschli, 1889, по сравнению со свободноживущими инфузориями изменились и обменные процессы. Примером является углеводный обмен. В кишечник травоядных животных попадает большое количество клетчатки. Известно, что только некоторые беспозвоночные могут переваривать клетчатку самостоятельно. В большинстве случаев переваривание целлюлозы происходит за счет разрушения ее бактериями, а животное потребляет в качестве пищи продукты ее деградации и сами клетки микроорганизмов. Таким образом, здесь наблюдается кооперация, или симбиоз. Наибольшего совершенства этот тип взаимодействий достиг у жвачных животных. В их рубце корм задерживается достаточно долго, чтобы могли быть разрушены доступные микроорганизмам компоненты растительных волокон. В этом случае, однако, бактерии используют значительную часть растительного белка, который в принципе мог бы быть разрушен и использован самим животным.

Поступающие в рубец углеводы поглощаются офриосколецидами преимущественно в виде крахмала. Использовать в пищу зерна крахмала способны все инфузории этого семейства. Эндобионтные инфузории способны извлекать крахмальные зерна их жидкой фракции содержимого желудка, таким образом, инфузории делают крахмал недоступным для бактерий [7].

Крахмал переваривается простейшими очень медленно с образованием уксусной, пропионовой и масляной кислот, которые адсорбируются стенка рубца быстрее, чем образуемая, с большой скоростью молочная кислота бактериями. Основным резервным веществом инфузорий служит амилопектин [8].

Isotricha intestinalis и *Dasytricha ruminantium* способны переваривать углеводы и ряд видов *Entodinium* способны утилизировать целлюлозу. Инфузории рода *Entodinium* обладают целлюлозолитической способностью, при этом клетчатка не является в их питании незаменимым углеводом. Причем *Entodinium* в чистой культуре переваривают клетчатку без участия бактерий, а бактерии для этих инфузорий необходимы как источник азота. Представители рода *Diplodinium* легко переваривают целлюлозу.

Углеводы (клетчатка, крахмал) поедаемых кормов сбраживаются в рубце до уксусной, пропионовой и масляной кислот, которые затем легко всасываются. Летучие жирные кислоты являются главным источником удовлетворения потребности животного в энергии.

Такая система изоляции крахмала хорошо работает при постоянном уровне поступления крахмала в желудок животного. При возрастании уровня крахмала в рационе питания животного равновесие нарушается, так как популяции инфузорий требуется некоторое время для роста.

Утилизация в рубце жвачных моносахаридов (глюкоза, фруктоза, ксилоза и др.), поступающих с кормом, а главным образом образующихся при гидролизе полисахаридов, осуществляется в основном рубцовыми микроорганизмами. Инфузории рода *Isotricha* наиболее быстро трансформирует фруктозу, глюкозу и пектин с выделение H_2 и CO_2; уксусной, масляной и молочной кислот, и образованием амилопектина, как основного запасного питательного вещества. Образование и утилизация амилопектина зависят от концентрации раствора глюкозы в среде, и при критической концентрации – 20 м/моль – синтез и разложение его не происходит, хотя глюкоза продолжает всасываться. При голодании хозяина изотрихиды исчезают из желудка животного

первыми, так как они по сравнению с другими видами инфузорий зависят в большей степени от постоянного притока усвояемых элементов пищи из окружающей среды. Способность к перевариванию целлюлозы характерна для видов рода *Diplodinium* и рода *Epidinium*.

Характерной особенностью инфузорий рода *Isotricha* является способность их клеток лопаться при высоких концентрациях сахаров в растворе. Изотрихиды играют интересную роль в образовании вздутия кишечника у жвачных при кормлении бобовыми культурами. Белки внутриклеточного содержимого этих инфузорий формируют стойкие пены, которые функционируют как стабилизирующие агенты пенообразования, называемого растительными протеинами и белками слюны. В опыте применялись агенты, уничтожающие инфузорий, в результате чего характерная картина вздутия исчезла до сих пор, пока не восстановилась популяция инфузорий. К сожалению, точно утверждать, что инфузории являются определяющими фактором образования вздутия нельзя, так как примененные агенты могли дать ряд побочных эффектов.

Вид *Dasytricha ruminantium* и некоторые представители родов *Entodinium* и *Diplodinium*, имеют ферментативные системы, способные разрушать В-глюкозидазные связи и утилизировать растительные В-глюкозиды, такие как салицин. Кроме этих веществ *Dasytricha ruminantium* свободно переваривает галактозу, глюкозу, фруктозу, мальтозу и более медленно пектин.

Таким образом, инфузории, по-видимому, в случае усвоения продуктов расщеплений клетчатки, растительного белка являются симбионтами, и в то же время становятся источником белка для организма жвачных животных.

Ряд других исследователей (Becker et al., 1930; Wereninow et al., 1930) считают, что инфузории рубца не оказывают заметного положительного влияния на перевариваемость клетчатки [9].

Белковый обмен также претерпел изменения и направлен на максимально возможное использование всех доступных соединений белковой природы. Все инфузории захватывают очень быстро аминокислоты, содержащиеся в среде. Некоторые инфузории, в частности представители рода *Entodinium* могут синтезировать аминокислоты (аланин, серин, глутаминовую кислоту) из углеводородов.

Значительная доля потребности жвачных животных в белках обеспечивается белком микроорганизмов, которые способны использовать для синтеза белка своего тела такие простые азотистые вещества, как аммиак. Микроорганизмы с пищей попадают в сычуг и в кишечник, где белок микроорганизмов переваривается и всасывается. В настоящее время принято считать, что микроорганизмы рубца способны осуществлять только определенные превращения.

Многие исследователи (Мангольд и др.) указывают также, что инфузории могут служить одним из источников азотистого питания хозяина, поскольку количество азота, входящего в состав тела инфузорий весьма значительно, а, поступая из рубца в сычуг, они там легко перевариваются.

При использовании микробного азота на долю инфузорий приходится 44,5 – 50,5 %. Первоначально считалось, что все фракции содержимого рубца проходят в кишечник вместе, и что пропорция в рубце дает представление о значении азота инфузорий для хозяина. Но, в 1971 году было установлено, что только половина микробного азота рубца покидает желудок вместе с использовавшимся маркером – полиэтиленгликолем при этом инфузории покидают рубец медленно, чем другие микроорганизмы [10].

По данным исследований ряда авторов, в том числе В.А. Догеля и Т.В. Виноградовой – Федоровой и др., инфузории населяют рубец животных в громадных количествах, а также разные виды бактерий [11]. Анатомическое строение и условия в рубце почти идеально отвечают требованиям для жизнедеятельности микроорганизмов. Помимо бактерий, в рубце осуществляют расщепление кормов и синтез важных органических соединений для животного организма также различные виды простейших, дрожжей, и актиномицетов. Жвачные представляют микроорганизмам «культуральную среду» с постоянной температурой. Условия желудка жвачных животных, однако, неблагоприятны для роста бактерий. В результате они разлагают клетчатку не полностью, а лишь до жирных кислот, которые и усваивают жвачные животные.

Видовой состав рубцовых микроорганизмов со временем изменяется. У взрослых жвачных видовой состав рубцовых бактерий, по мнению некоторых авторов, постоянен, существенным образом не изменяется в зависимости от кормления, времени года и ряда других факторов.

Для животных, питающихся растительными кормами, возникает проблема получения незаменимых аминокислот, содержащихся только в животных белках. У жвачных животных этот процесс осуществляется в сложном желудке (поэтому их можно назвать «протистоедами»), так

как они используют инфузорий и других простейших, размножающихся в рубце, сетке и книжке. Так, например представители рода *Entodinium*, которые селятся в огромном количестве в рубце (одном из отделов желудка) жвачных млекопитающих, например коров и овец, где совместно с обитающими здесь же симбиотическими бактериями, жизненно им необходимы, поскольку именно они в основном отвечают за расщепление клетчатки (целлюлозы) и растительных белков, содержащихся в поедаемой траве, а также контролировать численность бактерий и грибов. Разрушение клетчатки в рубце осуществляется с помощью целлюлотической активности популяций микроорганизмов. Это дает возможность жвачным животным существовать, питаясь грубыми волокнистыми кормами, что без деятельности инфузорий было бы невозможным. Любое изменение состава ведет к тому, что в организме нарушаются обменные процессы, которые приводят в дальнейшем изменениям нормального функционирования других систем. В неблагоприятные периоды животные переходят на питание вынужденными кормами, то есть обычно им не свойственными. Питание такими кормами в течение небольшого периода времени не вызывает изменений в строении животных, а лишь влияет на их упитанность.

Режим кормления влияет на переваримость кормов, функцию рубца и на популяцию инфузорий. Корм, который относительно быстро разлагается в рубце (плоды и травянистый корм) более быстро переходит в книжку, а твердые корма (ветки, побеги) после их обработки в рубце попадают в сетку и для дальнейшего разложения требует еще дополнительного перетирания. Любое изменение состава корма ведет к тому, что в организме животного нарушаются обменные процессы, что приводит к дальнейшим изменениям нормального функционирования других систем.

Многие инфузории обладают ферментами, гидролизующими полимеры клеточной оболочки растений. Крупные частицы под воздействием инфузорий рубца разлагаются до мелких, происходит как бы разрыхление растительных тканей, при этом часть их используется для нужд самих инфузорий, тем самым, делая их более доступными для целлюлозолитических бактерий.

Рубцовые инфузории принимают активное участие в метаболизме легкоферментируемых углеводов, белков, липидов и т.п. [12]. Рубец представляет собой единую целостную систему с рядом отдельных форм деятельности. В рубце происходят процесс разложения клетчатки и синтез микроорганизмами ряда ферментов и витаминов, без чего пищеварение не могло бы осуществляться. Поскольку существует сезонная смена кормов, то при постепенной смене кормов микроорганизмы адаптируются к новым кормам и пищеварение не нарушается. Лишь в случае резких изменений рационов происходят нарушения, которые особенно сильно проявляются весной, при переходе на зеленые корма. Приспособляемость микроорганизмов к новым рационам может осуществляться по-разному: появляются новые, преобладающие виды микроорганизмов, изменяется их число или количественное соотношение некоторых имеющихся основных видов, изменяется активность приспособительных ферментов.

Инфузории оказывают на пищеварительные процессы чисто механическое воздействие. Оживленно снующие в пищевой кашице желудка массы инфузорий обусловливают своим движением полное и неполное перемешивание и взбалтывание пищевых частиц. Обработка растительного материала, поступающего в преджелудки животных, происходит в определенной последовательности. Инфузории способны размельчать находящиеся в желудке растительные частицы, разрушая их на отдельные клетки. Например, некоторые виды рода *Diplodinium* способны набрасываться на целые растительные частицы, налезают своими глотками на торчащие из обрывков травы клетчатковые волокна и растаскивают, таким образом, растительную частицу по маленьким кусочкам. Другие виды (например, *Diplodinium bubalidis bubalidis*) проглатывают преимущественно длинные волокна (трахеиды, сосуды), скручивая их в своем теле в виде петель и спиралей. Третья категория инфузорий, наиболее многочисленная, состоит из форм, которые проникают в разрушенные ткани и захватывают мелкие кусочки клетчатки и другие включения рубца: споры и зооспоры грибов, бактерии, крахмальные зерна и т.п. (это почти все виды рода *Entodinium*, мелкие виды *Diplodinium*).

Некоторые из обнаруженных видов инфузорий (например, *Entodinium caudatum, Isotricha intestinalus, Dasytricha ruminantium, Entodinium simulans – dubardi, Epidinium ecaudatum*) предпочитают зерна крахмала. Если в пище хозяина присутствуют концентрированные корма, зерно, мучные и крупяные отходы, картофель инфузории набрасываются на крахмальные гранулы и поглощают.

Даже при скудном содержании соответствующих углеводов в рационе хозяина инфузории ищут и находят излюбленный

корм. Таким образом, из-за особого рациона хозяина инфузории вынуждены изменять свое обычное пищевое поведение и адаптироваться к малопригодной для них пищи. Некоторые инфузории расширяют свой рацион, путем хищничества, заглатывая небольших и даже средних по размеру инфузорий.

Все эндобионтные инфузории поедают бактерий как дополнение к основной пище, поэтому выделение группы бактериоядных инфузорий нецелесообразно.

Таким образом, рубец представляет собой единую систему с рядом отдельных форм деятельности. В рубце одновременно происходят процесс разложения клетчатки и синтез микроорганизмами ряда ферментов и витаминов, без чего пищеварение не могло бы осуществиться. При сезонной смене кормов микроорганизмы адаптируются к новым кормам и пищеварение не нарушается. Лишь в случае резких изменений рационов происходит нарушение пищеварения, которое особенно сильно проявляется весной, при переходе на зеленые корма.

Список литературы

1. Догель В.А. Простейшие – Protozoa. Малоресничные инфузории – Infusoria Oligotricha. Сем. Ophryoscolecidae. Определитель по фауне СССР. [Текст] / В.А. Догель. – Ленинград: изд-во АНСССР, 1929. – 96 с.

2. Корнилова О.А. Метод комплексного обследования фауны эндобионтных инфузорий. [Текст] / О.А. Корнилова // Функц. морф., экол. и жизн. циклы жив: сб. научн. тр. каф. зоол. РГПУ им. А.И. Герцена. Вып. 4. СПб: «ТЕССА», 2004. – С. 58–65.

3. Иванов А.В. Большой практикум по зоологии беспозвоночных [Текст] / А.В. Иванов, Ю.И. Полянский, А.А. Стрелков. – М.: Высшая школа, 1981. – 504 с.

4. Лихачев С.Ф. Конспект фауны эндобионтных инфузорий крупнорогатого скота из агрохозяйств юга Тюменской области [Текст] / С.Ф. Лихачев, А.В. Иванкова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2010. – Т. 1, № 8. – С. 52–58.

5. Рябиков А.Я. Особенности желудочного пищеварения у жвачных животных [Текст] / А.Я. Рябиков // Омск, ОмСХИ, 1979. – 47 с.

6. Догель В.А. Новые перспективы в изучении процессов пищеварения жвачных животных [Текст] / В.А. Догель // Известия Гос. Института Опытной Агрономии. – 1925. – Т. 6, № 5–6. – С. 122–127.

7. Oxford A.E. The rumen ciliate protozoa: their chemical composition, metabolism, requirements for maintenance in culture and physiological significance for the host // Experiment. Parasit. – 1955. – Vol. 4, № 6. – P. 569–605.

8. Coleman G.S. Rumen ciliate protozoa // Advance in Protozoollogy. London. – 1980. Vol. 10. – P. 121–173.

9. Wereninow A., Winogdoff M., Winogdowa – Fedorowa T., Diakow N. Die Einwirkung der Infusorien auf die Verdauung der Wiederkäryк // Biochem. Zeit. – 1930, Bd. 226. – P. 387–394.

10. Hungate R.E., Reichl J., Prins R. Parameters of rumen fermentation in a continuously fed sheep // Applied Microbiol. – 1971. – Vol. 22, № 9. – P. 1104–1113.

11. Догель В.А., Виноградова – Федорова Т.В. Экспериментальные исследования над биологией инфузорий из желудка жвачных [Текст] / В.А. Догель, Т.В. Виноградова – Федорова // ВАСХНИИЛ. Труды института с/х и микробиологии. – 1930. – Вып. 2. – С. 157–187.

12. Фауна и некоторые особенности экологии эндобионтных простейших желудка овец домашних [Текст] / Черная Л.В. // Вестник Мордовского университета. – 2009. – № 1. –С. 94–96.