44,6[1] первая лимитирующая, 73,5[2] вторая лимитирующая, 61,1[3] третья лимитирующая, 85,1[4] четвёртая лимитирующая кислота. Лимитирующие аминокислоты четвёртого порядка имеют довольно высокое соответствие стандарту – 66,7-98 %. Таким образом, благодаря илеальному методу исследования истинной доступности аминокислот, используемому в хроническом физиологическом опыте на фистульных свиньях, мы доказали, что различия в доступности к всасыванию в кишечнике важнейших аминокислот зерновых (лизина, треонина, метионина + цистина, триптофана и изолейцина) существуют. Необходимо дальнейшее уточнение значений истинной переваримости аминокислот на основе совершенствования методов оценки эндогенных потерь. И важно знать размеры различий в доступности аминокислот между зерновыми в случае необходимости заменить один зерновой злак другим при составлении рационов.

## Список литературы

1. Абилов Б.Т. Корма и оценка их качества / Б.Т. Абилов, Ю.Д. Квитко, В.В. Марченко, Н.А. Болотов, А.Н. Зарытовский, И.А. Синельщикова, В.В. Кулинцев // Методические рекомендации для крестьянских и фермерских хозяйств. – Ставрополь. 2012. – 67 с.

2. Абилов Б.Т. Эффективность комбинированного использования БВМД при откорме помесных свиней / Б.Т. Абилов, В.В. Семенов, И.А. Сергеев // Зоотехния. 2008. – №8. – С. 18-19.

3. Головко Е.Н. Доступность аминокислот в белковом питании моногастричных животных / Е.Н. Головко, В.Г. Рядчиков, Н.Н. Забашта // Краснодар. – 217 с.

4. Головко Е.Н. Трансформация кормового протеина и потребление корма у свиней и цыплят-бройлеров при разной сбалансированности критических аминокислот в рационе / Е.Н. Головко, И.В. Тарабрин, В.Г. Рядчиков, М.О. Омаров // Проблемы биологии продуктивных животных. 2009. – №1. – С. 31-48.

5. Головко Е.Н. Физиолого-биохимическое обоснование коррекции рационов для свиней по количеству истинно доступных аминокислот кормов на уровне терминального илеума / Е.Н. Головко: Автореф. доктор. дис. – Боровск. 2011. – 48 с.

6. Дмитрик И.И. Откормочные и мясные качества баранчиков породы советский меринос и их помесей с австралийскими мериносами / И.И. Дмитрик, Г.В. Завгородняя, Н.И. Ефимова // Овцы, козы, шерстяное дело. 2007. – С. 43-45.

7. Дмитрик И.И. Оценка мясных качеств молодняка овец ставропольской породы по комплексу свойств / И.И. Дмитрик, Е.Г. Овчинникова // Ветеринарная патология. 2013. – №1. – (43). – С. 35-37.

DOI: 10.48612/49x2-rm76-da6v
УДК 636.32/.38:612.017:577.29

# ОСНОВЫ ВЗАИМОСВЯЗИ НЕЙРОГУМОРАЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ И МИКРОБИОМА ЖКТ У ОВЕЦ

**Остренко Константин Сергеевич**[1,2], д-р биол. наук
*[1]Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», г. Боровск, Российская Федерация*
*[2]Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь*

Выполненная работа представляет собой новый виток научных изысканий, объединяющих разнонаправленные исследования и позволяющих создать единую концептуальную теорию о взаимосвязи системы gut – brain axis и разработать методы коррекции и профилактики нарушений в животноводстве. Данная закономерность проявляется на фоне внесения в основной рацион аскорбата лития с целью профилактики негативного стрессового воздействия. Понижение pH в рубце опытных группах по сравнению с контрольной на 5,3 % коррелирует с понижением количества инфузорий, что является изменением активизации нейрогуморальной регуляции. Так,

в контрольной группе уровень кортизола был на 45 % выше показателей опытной группы, что свидетельствует об активации гипоталамо-гипофизарной системы. Таким образом, скармливание овцам в дополнение к основному рациону адаптогена аскорбата лития повышает поедаемость кормов рациона, оказывает многообразное действие на рост симбионтной микрофлоры с синтезом микробиального белка, способствует усилению процессов ферментации в рубце и достоверному росту целлюлозолитической активности.

**Ключевые слова:** овцы; нейрогуморальная регуляция; микробиом; кишечник; мозг; стресс; аскорбат лития

## FUNDAMENTALS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN NEUROHUMORAL REGULATION AND THE GASTROINTESTINAL MICROBIOME IN SHEEP

**Ostrenko Konstantin Sergeevich**[1,2], Dr. Biol. Sci.
[1]*The All-Russian Research Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Centre of Animal Husbandry-VIZh named after Academician L. K. Ernst", Borovsk, Russian Federation*
[2]*The Sakharov International State Ecological Institute of the Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus*

The work performed represents a new round of scientific research that combines multidirectional research and allows us to create a single conceptual theory about the relationship of the gut – brain axis system and to develop methods for correcting and preventing violations in animal husbandry. This pattern is manifested against the background of the introduction of lithium ascorbate into the basal diet in order to prevent negative stress effects. A decrease in the pH in the rumen of the experimental groups compared to the control group by 5.3 % correlates with a decrease in the number of infusoria, which is also a change in the activation of neuro-humoral regulation. Thus, in the control group, the level of cortisol was 45 % higher than in the experimental group, which indicates the activation of the hypothalamic-pituitary system. Thus, feeding sheep in addition to the main diet of the adaptogen lithium ascorbate increases the palatability of the diet, has a diverse effect on the growth of symbiotic microflora with the synthesis of microbial protein, enhances the fermentation processes in the rumen, and promotes a significant increase in cellulolytic activity.

**Key words:** sheep; neuro-humoral regulation; microbiome; intestine; brain; stress; lithium ascorbate

Проблемы улучшения здоровья животных, получения высококачественной животноводческой продукции и повышения эффективности конверсии питательных веществ корма в продукцию последние десятилетия обостряются, особенно в связи с внедрением интенсивных технологий и усилением техногенных стрессовых воздействий. Однако в условиях интенсивных промышленных технологий производства возникает ряд новых стресс-факторов, называемых технологическими. Безусловным следствием стрессов любой этиологии является интенсификация процессов гуморальной регуляции [2, 4]

Стрессовое состояние сопровождается рядом физиологических изменений: активизацией вегетативной нервной системы, изменением гормонального статуса, активизацией гипоталамо-гипофизарно-адреналовой системы, изменениями в составе кишечной микробиоты, увеличением количества адреналина, снижением активности ГАМК-рецепторов, снижением количества инсулина в крови. Взаимодействие бактерий кишечной микробиоты и нервной системы организма-хозяина осуществляется посредством синтезируемых бактериями низкомолекулярных веществ, нейромедиаторов и гормоноподобных веществ; к ним относятся ацетилхолин и другие холины, серотонин, норадреналин, гистамин и другие амины, жирные кислоты с короткими цепями, гамма-аминомасляная кислота (ГАМК). Секретируемые бактериями нейротрансмиттеры могут непосредственно действовать на нервные окончания в ЖКТ, а также стимулировать эпителиальные клетки кишечника, которые в ответ высвобождают молекулы, модулирующие нейропередачу в энтеральной нервной системе, оказывая влияние на мозг и поведение животных. Литий – эссенциальный микронутриент для центральной нервной системы, который необходимо нормировать в раци-

онах животных. Основные эффекты лития заключаются в том, что нормировано поступающий с пищей и водой литий поддерживает нормальную возбудимость ЦНС путем предупреждения избыточной концентрации норадреналина, а также путем регуляции концентрации натрия в нервных и мышечных клетках. При достаточной обеспеченности литием чувствительность мозга к дофамину повышается, что снижает негативное воздействие стресса и способствует сохранению гомеостаза [5, 7].

Ионы лития оказывают влияние на гомеостаз нейротрансмиттеров, повышают синтез нейротрофических факторов и чувствительность клеток нервной системы к их воздействию. Кишечный микробиом рассматривается в настоящее время как часть так называемой оси «кишечник – мозг (gut – brain axis)» – двунаправленной коммуникационной системы, обеспечивающей сложное функционирование ЦНС и ЖКТ. Стресс приводит к потерям живой массы и мясной продукции, но самое важное – это изменение бактериального баланса кишечника, что, в свою очередь, влияет на иммунитет. Учёные выяснили, что одно из последствий стресса – изменения в составе, разнообразии и количестве бактерий в кишечнике. К тому же в кишечнике возрастает количество потенциально опасных бактерий, таких как клостридии. Микробиота кишечника вовлечена в различные связанные со стрессом состояния, включая тревогу, депрессию и синдром раздражённой толстой кишки [6, 8].

Основной аспект наших исследований заключается в перспективе создания новых комбинаций лития с витаминами, позволяющих потенциированно воздействовать в различных векторных направлениях. К этой проблеме мы подошли, начиная с синтеза соли лития с аскорбиновой кислотой [3, 9]. Выполненная работа представляет собой новый виток научных изысканий, объединяющих разнонаправленные исследования и позволяющих создать единую концептуальную теорию о взаимосвязи системы gut – brain axis и разработать методы коррекции и профилактики нарушений в животноводстве.

**Методика исследований.** Исследование было проведено на взрослых овцах романовской породы, на базе вивари ВНИИФБИП

Было сформировано 2 группы подопытных животных (опытная и контрольная, по 8 голов в каждой). Опытные и контрольная группы сформированы из животных вивария по принципу парных аналогов (таблица 1).

Все подопытные животные содержались в одном помещении. Кормление осуществляется по технологической схеме вивария – поддерживающий рацион, с добавлением изучаемого препарата в соответствующей дозировки, к основному рациону.

Таблица 1 – Схема исследований

| Группа | Голов в группе | Характеристика кормления |
|---|---|---|
| 1 – контрольная | 8 | Основной рацион (ОР) |
| 2 – опытная | 8 | ОР +10 мг аскорбата лития на кг живой массы |

**Результаты исследований и их обсуждение.** В ходе проведенных исследований было установлено, что применение аскорбата лития и совместное применение аскорбата лития оказывало влияние на весовые показатели взрослых овец, несмотря на идентичный рацион. При сформировавшемся рубце у овец во взрослом состоянии не может быть ярко выраженных изменений весовых показателей, тем более кормовая добавка не содержала жировых, белковых или углеводных компонентов. Но увеличение массы может служить косвенным показателем изменения пластического обмена, оптимизацией рубцового пищеварения и снижением потерь энергии на фоне возникающих стрессов. Повышения стресс-резистентности способствует нормализации обмена веществ и регуляции энергетического баланса (таблица 2).

Для изучения влияния аскорбата лития и Lactobacillus reuteri на обмен веществ и систему пищеварения у подопытных животных определяли целлюлозолитическую активность рубцового содержимого, полученного с помощью зонда. При проведении данного исследования было установлено, что при применении аскорбата лития и комплекса соли лития и лактобацил, обладающих пробиотическим действием, происходит увеличение целлюлозолитической активности. Целлюлозолитическую активность определяли по методу Долгова (таблица 3).

Таблица 2 –Весовые показатели овец на фоне применения аскорбата лития, кг (M±m, n=8)

| Группы | Вес животных | | |
|---|---|---|---|
| | до эксперимента | через 30 дней | через 60 дней |
| Контрольная | 37,11±1,09 | 38,35±2,33 | 38,59±2,57 |
| Опытная | 37,59±1,7 | 38,94±2,92 | 39,83±3,81 |

Таблица 3 – Целлюлозолитическая активность рубцового содержимого овец на фоне применения аскорбата лития (M±m, n=8)

| Группы | Целлюлозолитическая активность | pH | Общее количество инфузорий, г/л |
|---|---|---|---|
| До исследования | | | |
| Контрольная | 11,89±0,73 | 7,12±0,1 | 1423,84±42,13 |
| Опытная | 11,47±1,24 | 7,09±0,07 | 1472,43±76,12 |
| Через 60 суток | | | |
| Контрольная | 11,82±0,51 | 7,11±0,06 | 1525,66±34,72 |
| Опытная | 16,31±1,52* | 6,73±0,20* | 971,16±27,19* |

*p<0,05 по t-критерию при сравнении с контролем

Расщепление клетчатки, крахмала, пектиновых веществ, белков, усвоение небелковых органических и минеральных источников азота, биосинтез витаминов, аминокислот и других биологически активных веществ в рубце происходит в основном за счёт жизнедеятельности микроорганизмов. Как правило, в инфузорной фауне рубца овец преобладают инфузории рода Entodinium и Diplodinium из отряда малоресничных (олиготрих) инфузорий. Так, с повышением количества инфузорий отмечается снижение активности целлюлозолитических бактерий, и наоборот, уменьшение инфузорий способствует нарастанию целлюлозолитической активности бактерий. Данная закономерность проявляется на фоне внесения в основной рацион аскорбата лития. Понижении pH в рубце опытных группах по сравнению с контрольной на 5,3 % коррелирует с понижением количества инфузорий.

Применение аскорбата лития способствует повышению биодоступности грубого корма, что и позволяет повысить питательность кормов и энергообеспечение животного. Микробные популяции рубца гидролизуют и ферментируют углеводистые соединения в летучие жирные кислоты (ЛЖК), количество которых приводит к росту pH, непосредственно влияющему на фибролитическую микрофлору. Применение соли аскрорбиновой кислоты позволяет увеличить концентрацию молочной кислоты, являющейся распространенным продуктом углеводного брожения, производимого бактериями. Процессы брожения с образованием кислых метаболитов в рубце после приема корма отражают показатель концентрации водородных ионов, который был практически нейтральным до кормления и слабокислый после. Увеличение целлюлозолитической активности на 37 % соответственно, также может объясняться повышением стресс-резистентности организма в целом под действием лития. Повышение иммунологического статуса позволяет снизить уровень патогенных и условно-патогенных штаммов.

Кортизол секретируется наружным слоем (корой) надпочечников под воздействием адренокортикотропного гормона (АКТГ – гормон гипофиза). Кортизол является регулятором углеводного обмена организма, а также принимает участие в развитии стрессовых реакций. В связи с чем, мы можем рассматривать кортизол как маркер стрессовых состояний. В опытной группе мы наблюдаем более низкие значения кортизола чем в контрольной группе.

Так, в контрольной группе уровень кортизола был выше на 45 % чем в опытной, что свидетельствует об активации гипоталамо-гипофизарно системы (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели уровня кортизола и глюкозы у овец (M±m, n=8)

| Группы | Кортизол, нмоль/л | Глюкоза, ммоль/л |
|---|---|---|
| Контроль | 79,27±0,89 | 3,70±0,05 |
| 1 группа | 44,16±0,22* | 3,10±0,03* |

Наши данные согласуются с данными, полученными И.В. Киреевым (2018), [1], когда овец подвергали стрессу отъема и также фиксировали прямо-пропорциональную закономерность концентрации малонового диальдегида и уровнем кортизола. Таким образом, завышенный уровень плазменного кортизола обусловливает отрицательное влияние глюкокортикоидов на общее состояние животного, в том числе и на его иммунную систему.

**Выводы.** Таким образом, скармливание овцам в дополнение к основному рациону адаптогена аскорбата лития повышает поедаемость кормов рациона, оказывает многообразное действие на рост симбионтной микрофлоры с синтезом микробиального белка, способствует усилению процессов ферментации в рубце, и достоверному росту целлюлозолитической активности.

## Список литературы

1. Киреев И.В. Фармакологическая профилактика технологического стресса у овец / И.В. Киреев, В.А. Оробец / Аграрный вестник Урала. 2018. – №1 (168). – С 15-18.

2. Овчарова А.Н. Влияние пробиотической добавки тетралактобактерин на неспецифическую резистентность, гематологические и биохимические показатели крови телят-молочников / А.Н. Овчарова / Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2019. – Т. 8. – № 1. – С. 128-133.

3. Овчарова А.Н. Физиологические показатели и продуктивность цыплят-бройлеров при использовании пробиотического препарата на основе бацилл / А.Н. Овчарова, Е.С. Петраков / Проблемы биологии продуктивных животных. 2018. – № 1. – С. 94-101.

4. Пронин А.В. Адаптогенные и нейропротективные свойства аскорбата лития / А.В. Пронин, О.А. Громова, И.С. Сардарян, И.Ю. Торшин и др. // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2016. – Т. 116. – № 12. – С. 86-91.

5. Duran-Pinedo A.E. The effect of the stress hormone cortisol on the metatranscriptome of the oral microbiome/ A.E. Duran-Pinedo, J. Solbiati, J. Frias-Lopez / NPJ Biofilms Microbiomes. 2018. 4:25.

6. Engen P.A. The Gastrointestinal Microbiome: Alcohol Effects on the Composition of Intestinal Microbiota / P.A. Engen, S.J. Green, R.M. Voigt, C.B. Forsyth, A.Keshavarzian / Alcohol Res. 2015. – 37(2):223-36.

7. Gao J. Impact of the Gut Microbiota on Intestinal Immunity Mediated by Tryptophan Metabolism / J. Gao, K. Xu, H. Liu, G. Liu, M. Bai, C. Peng, T. Li, Y. Yin / Front Cell Infect Microbiol. 2018. 8:13.

8. Mohajeri M.H. The role of the microbiome for human health: from basic science to clinical applications / M.H. Mohajeri, R.J.M. Brummer, R.A. Rastal, R.K. Weersma, H.J.M. Harmsen, M. Faas, M. Eggersdorfer / Eur J Nutr. 2018. – 57(Suppl 1):1-14. doi: 10.1007/s00394-018-1703-4.

9. Yoshikawa K. Effect of Kampo medicine "Dai-kenchu-to" on microbiome in the intestine of the rats with fast stress / K. Yoshikawa, M. Shimada, T. Kuwahara, H. Hirakawa, N. Kurita, H. Sato, T. Utsunomiya, T. Iwata, T. Miyatani, J. Higashijima, H. Kashihara, C. Takasu, N. Matsumoto, H. Nakayama-Imaohji / J Med Invest. 2013. – 60(3-4):221-7. doi: 10.2152/jmi.60.221.

DOI: 10.48612/5xrz-9ntp-bkdv
УДК 633.31/.37

# БАЛАНС НЕЙТРАЛЬНО-ДЕТЕРГЕНТНОЙ И КИСЛОТНО-ДЕТЕРГЕНТНОЙ КЛЕТЧАТКИ В ВОЗДУШНО-СУХОЙ МАССЕ ВИКО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВОСМЕСЕЙ КАК ОСНОВНОЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ОБЪЁМИСТЫХ КОРМОВ

**Скамарохова Александра Сергеевна**