

УДК 636.2

АДАПТАЦИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА К ТЕПЛОВОМУ СТРЕССУ

(обзор)

Чаплынских Анастасия Яковлевна

аспирант

charik95@mail.ru

Воронежский государственный аграрный университет

имени Императора Петра I

г. Воронеж, Россия

Аннотация. Животноводство играет одну из основополагающих ролей в мировой экономике. Производство говядины является важнейшим аспектом в обеспечении народонаселения продуктами питания. Последствия глобального изменения климата повлияли не только на растениеводство, но и на высокопродуктивное животноводство, например на снижение количества и качества получаемой мясной продукции. Таким образом продовольственная безопасность находится под угрозой. Одним из основных негативно влияющих на продуктивность скота, является тепловой стресс-фактор. Следовательно, очень важно определить степень влияния теплового стресса на адаптационные возможности и продуктивность крупного рогатого скота, а также предложить методы профилактики и борьбы с негативными последствиями воздействия стрессоров.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, адаптация, стресс, тепловой стресс.

В условиях глобального изменения климата, тепловой стресс стал актуальной проблемой для мясного скотоводства [1,3,7,12,22,25]. Хотя животные могут адаптироваться к климатическим стрессовым факторам, механизмы реакции организма, обеспечивающие выживание, влияют на продуктивные качества (Pragna et al., 2018). Устойчивость скота к тепловому стрессу зависит от породы, генетического потенциала, возраста, физиологического статуса, кормления и содержания (Das et al., 2016). В условиях повышенной температуры окружающей среды организм находится в стрессовом состоянии, что ведёт к снижению продуктивности и экономическим потерям отрасли. В мясном скотоводстве тепловому стрессу особенно подвержены животные на откорме. Тепловой стресс может служить пусковым механизмом развития ацидоза, сокращению потребления корма, что в свою очередь приводит к снижению привесов (Gaughan et al., 2008; Farooq U. et al., 2010). Исследования ряда учёных показали, что откормочные животные, имевшие возможность находиться в тенистых пространствах, имели большие среднесуточные привесы, при убое, мясо таких животных имело меньше пороков (Mader T.L. and Davis M.S., 2004). Длительное воздействие тепловых стресс-факторов оказывает негативное влияние на здоровье животных, вызывая окислительный стресс в клетках, что приводит к снижению иммунитета и функции воспроизводства (Md Rezaul Hai Rakib, 2020). Исследования (Alzahraa M. et al., 2018) сообщают, что окислительный стресс приводит к снижению оплодотворяемости, повышению эмбриональной смертности, задержанию последа, преждевременным отёлам, мертворождению и рождению телят-гипотрофиков. Jane M. Morrell (2020) сообщает, что тепловой стресс снижает фертильность быков-производителей. Умеренный тепловой стресс вызывает нарушение сперматогенеза, окислительный стресс вызывает повреждение ДНК спермиев, а экстремальное повышение температур вызывает изменение морфологии спермотозоидов.

Понимание адаптивных реакций крупного рогатого скота может открыть путь к идентификации различных биологических маркеров, которые можно

использовать для оценки реакции на тепловой стресс (Nardone et al., 2010). Ряд генотипических и фенотипических признаков передают адаптивный потенциал животному, тем самым позволяя справиться с суровыми условиями окружающей среды и помогают животным выжить в определённых условиях. В основном, адаптация животных включает морфологические, поведенческие и генетические способности животного. Адаптивный процесс, может быть, расширен за счёт морфологических, поведенческих, физиологических, нейроэндокринных, биохимических, метаболических, молекулярных и клеточных реакций, которые в совокупности способствуют выживанию любого организма в специфической среде.

Морфология. Морфологические признаки крупного рогатого скота очень важны с точки зрения адаптации, поскольку они напрямую влияют на механизмы теплообмена. Цвет шерсти является одним из важных морфологических признаков, придающих адаптивную способность скоту при воздействии теплового стресса (Huson et al., 2014). Светло-бежевая или белая масть признана наиболее выгодной для разведения в более жарких регионах, так как отражает от 50 до 60 % солнечной радиации, в сравнении с животными темного окраса (McManus et al., 2009). Кроме того, длина шерсти, толщина и густота шерсти также влияют на адаптивный характер животных. Кожное испарение признано наиболее важным для терморегуляции крупного рогатого скота (Naas et al., 2014). Известно, что аборигенные породы крупного рогатого скота тропических широт имеют меньший размер тела по сравнению с Европейскими породами, что признано полезным для выживания в суровых условиях, отчасти из-за меньшего потребления корма и воды (Brito et al., 2004).

Поведенческая реакция. Поведенческая адаптация в первую очередь направлена на снижение тепловой нагрузки животных (Shilja et al., 2016). Самое первое и глубокое поведенческое изменение, наблюдаемое у животных, подвергшихся тепловому стрессу — это поиск тени. Исследования ясно показывают, что поведение мясного скота резко меняется с повышением температуры, животные ищут тень, меньше потребляют корм и собираются у

поилок. Снижение потребления корма определяется как адаптивный ответ для регулирования внутреннего метаболического терморегулирования у животных, подвергшихся тепловому стрессу (Baumgard et al., 2012). Тропические аборигенные породы хорошо адаптированы к тепловому стрессу, они уделяют больше времени выпасу чем отдыху в тени. Такие породы компенсируют более высокие потери воды в периоды высокой тепловой нагрузки за счет концентрации мочи (Chedid et al., 2014).

Физиологическая реакция. Физиологически жвачные животные адаптируются к высокой тепловой нагрузке за счет усиление дыхания и потоотделения (Marina et al., 2017). Дыхательные и кожные механизмы охлаждения напрямую связаны с распределением дополнительной тепловой нагрузки на организм за счет испарения большего количества влаги в окружающую среду (Kaliber et al., 2016). Наблюдения за аборигенными породами (гир, синдхи и индубрасил) показали, что у данных животных была повышена местная температура тела, что позволяет животным, находящимся под воздействием высоких температур, отдавать больше тепла в окружающую среду за счёт увеличения притока крови к поверхности тела (Cardoso и др., 2015). Аналогичным образом, в недавнем исследовании с использованием быков сообщается о значительно более низком потреблении корма и более высоком потреблении воды быками, подвергшимися воздействию факторов теплового стресса (Valente et al., 2015). Кроме того, авторы исследований считают, что температура мошонки может быть полезным биомаркером при оценке адаптационных возможностей быков-производителей (Lees, Sejian et al., 2018).

Нейрогуморальная реакция. Гормоны надпочечников и щитовидной железы, как известно, играют важную роль в терморегуляция и метаболических изменений у животных, особенно в жарких условиях. Гипоталамо-гипофизарная система (ГГС) действует как одна из основных эндокринных регуляторов стрессовых реакций. ГГС контролирует выработку кортикотропин-рилизинг-гормона, АКТГ и кортизола (Binsiya et al., 2017). Исследования

различных видов домашнего скота обнаружили чётко установленный более высокий уровень кортизола в плазме крови у жвачных животных в условиях теплового стресса (Wojtas et al., 2014; Marina and von Keyserlingk, 2017). В исследовании Gupta et al. (2013) сообщили, что уровень кортизола в плазме коз был значительно ниже в группах, подвергшихся нескольким стресс-факторам, нежели чем в группах с воздействием одного стрессора. Это противоречило выводам (Shilja et al., 2017) с использованием овец. Это говорит о том, что козы лучше справляются с несколькими стрессорами, чем овцы.

Биохимическая реакция. Есть несколько исследований, которые показали различную корреляцию содержания общего гемоглобина крови с увеличением температуры. Naque et al (2013) наблюдали значительное повышение концентрации общего гемоглобина в крови при высоких температурах, как у молодых, так и у взрослых особей буйволов. Они объяснили это увеличением потребности животных в кислороде в стрессовых условиях. Alberghina et al. (2013) сообщили о значительно более высокой концентрации гаптоглобина в плазме крови коров голштино-фризской породы, подвергшейся высокой тепловой нагрузке. Кроме того, есть исследования, которые также установили повышение концентрации свободных жирных кислот у крупного рогатого скота, подвергшемуся тепловому стрессу (Chaiyabutr et al., 2011). Chaudhary et al. (2015) сообщили о значительно более высоком уровне малонового диальдегида в плазме у буйволов Сурти в жаркие влажные периоды и жаркие засушливые периоды, указывающие на повышенный уровень свободных радикалов в периоды теплового стресса.

Метаболическая реакция. Метаболическая адаптация считается одним из важных ответов организма, с помощью которых животные справляются с проблемами теплового стресса, в основном за счёт снижения выработки метаболического тепла (Pragna et al., 2018). Гормоны щитовидной железы, а именно трийодтиронин (Т3) и тироксин (Т4), играют жизненно важную роль в метаболическая адаптация и показатели роста животных (Aleena et al., 2016). При тепловом стрессе концентрация Т3 и Т4 в сыворотке крови снижается,

вероятно из-за прямого влияния теплового стресса на гипоталамо-гипофизарную систему и щитовидную железу (Pragna et al., 2018). В недавнем исследовании, был сделан вывод что Т3 может служить индикатором метаболической активности у животных (Pragna et al., 2018). Пониженная концентрация Т3 и Т4, указывает на попытку организма уменьшить скорость метаболизма и, следовательно, метаболическую выработку тепла у тёлочек (Nazifi et al., 2003). Щелочная фосфатаза (ЩФ) – один из основных ферментов, связанных с метаболической активностью у животных. Уровень ЩФ обычно, понижается при воздействии теплового стресса, что можно объяснить метаболическим сдвигом (Gupta et al., 2013).

Клеточная и молекулярная реакция. Было обнаружено, что тепловой стресс изменяет несколько молекулярных функций, такие как синтез ДНК, репликация, деление клеток и функции ядерных ферментов и ДНК-полимераз (Sophia et al., 2016). Тепловой стресс влияет на стабильность клеточных мембран и ингибирует рецепторы и функции трансмембранных транспортных белков (Zhang et al., 2017). Тепловой стресс вызывает сложный ряд клеточных и молекулярных ответов (Нао et al., 2016). С развитием молекулярных биотехнологий, стали доступны новые возможности для характеристики экспрессии генов и определения ключевых клеточных реакции на тепловой стресс (Renaudeau et al., 2012). Гены, выполняющие функцию клеточной адаптации у животных, считаются потенциальными биомаркерами для понимания механизмов стрессовой адаптации. Гены классического белка теплового шока (HSP), гены апоптоза и другие цитокины считаются регуляторами теплового стресса. В нескольких отчетах установлена роль HSP70 при воздействии теплового стресса на жвачных животных, и определено, что это идеальный молекулярный маркер для количественной оценки реакции на тепловой стресс (Collier et al., 2012; Gupta et al., 2013; Shilja et al., 2016). Кроме этого, несколько других генов, таких как SOD, NOS, рецептор гормона щитовидной железы (THR) связаны с термостойкостью у жвачных животных. Эпигенетическая регуляция экспрессии генов и тепловой

импринтинг генома также может быть эффективным методом для улучшения термостойкости домашнего скота (Renaudeau et al., 2012).

Заключение. В условиях развития сценария изменения климата и повышения температуры и относительной влажности крупный рогатый скот неизбежно будет подвергаться тепловому стрессу, что отрицательно скажется на их продуктивности и репродуктивной функции. Отсюда имеется неотложная потребность в исследованиях, в область интереса которых входит противодействие негативному воздействию тепловых стресс-факторов на организм крупного рогатого скота. Следовательно, необходима доработка и модификация существующих методов разведения крупного рогатого скота, с учётом климатических изменений. Также необходимо уточнение существующих индексов тепловой нагрузки, которые точно могут определить реакцию на тепловой стресс у крупного рогатого скота. Необходимы значительные исследовательские усилия для выявления мер по уменьшению затрат кормов, для поддержания кормовых ресурсов. Особое внимание следует уделить изучению влияния изменения климата на эпигенетические изменения, чтобы понять различия в адаптивных изменениях, которые развиваются из поколения в поколение, что может помочь разобраться в скрытых тонкостях молекулярных и клеточных механизмов адаптации крупного рогатого скота. Дальнейшие исследования также необходимы для определения видоспецифичности жвачных животных и биологических маркеров, которые возникают в результате изменения климата. Данные маркеры должны быть включены в существующие селекционные программы для развития климатоустойчивых пород скота. Это те усилия, которые необходимы в ближайшем будущем, чтобы поддерживать животноводство на достаточно высоком уровне для обеспечения глобальной продовольственной безопасности в мире.

Список литературы:

1. Alberghina, D. 2013. The effect of the season on some blood metabolites and haptoglobin in dairy cows during postpartum period / D. Alberghina, G. Piccione, S. Casella, M. Panzera, M. Morgante, M. Gianesella. *Archives Animal Breeding* 56, 354–359.
2. Aleena, J. 2016. Significance of metabolic response in livestock for adapting to heat stress challenges / J. Aleena, P. Pragna, P.R. Archana, V. Sejian, M. Bagath, G. Krishnan, A. Manimaran, V. Beena, E.K. Kurien, G. Varma, R. Bhatta. *Asian Journal of Animal Sciences* 10, 224–234.
3. Alzahraa, M. 2018. Influence of maternal nutrition and heat stress on bovine oocyte and embryo development / M. Alzahraa, Abdelatty, E. Marie, Et. Al. Iwaniuk. *International Journal of Veterinary Science and Medicine* 6, 51-55.
4. Baumgard, L.H. 2012. Ruminant nutrition symposium: ruminant production and metabolic responses to heat stress / L.H. Baumgard, R.P. Rhoads. *Journal of Animal Science* 90, 1855–1865.
5. Binsiya, T.K. 2017. Significance of hypothalamic-pituitary-adrenal axis to adapt to climate change in livestock / T.K. Binsiya, V. Sejian, M. Bagath, G. Krishnan, I. Hyder, A. Manimaran, A.M. Lees, J.B. Gaughan, R. Bhatta. *International Research Journal of Agricultural and Food Sciences* 2, 1–20.
6. Brito, L.F. 2004. Testicular thermoregulation in *Bos indicus*, crossbred and *Bos taurus* bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production / L.F. Brito, A.E. Silva, R.T. Barbosa, J.P. Kastelic. *Theriogenology* 61, 511–528.
7. Cardoso, C.C. 2015. Physiological and thermographic response to heat stress in zebu cattle. / C.C. Cardoso, V. Peripolli, S.A. Amador, E.G. Brandão, G.I.F. Esteves, C.M.Z. Sousa, C.F. Martins. *Livestock Science* 182, 83–92.
8. Chaiyabutr, N. 2011. Effects of cooling and exogenous bovine somatotropin on hematological and biochemical parameters at different stages of lactation of crossbred Holstein Friesian cow in the tropics / N. Chaiyabutr, D. Boonsanit, S. Chanpongsang. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 24, 230–238.

9. Chaudhary, S.S. 2015. Evaluation of physiological and biochemical responses in different seasons in Surti buffaloes / S.S. Chaudhary, V.K. Singh, R.C. Upadhyay, G. Puri, A.B. Odedara, P.A. Patel. *Veterinary World* 8, 727–731.
10. Chedid, M. 2014. Water stress in sheep raised under arid conditions / M. Chedid, L.S. Jaber, S. Giger-Reverdin, C. Duvaux-Ponter, S.K. Hamadeh. *Canadian Journal of Animal Science* 94, 243–257.
11. Das, R. 2016. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: a review / R. Das, L. Sailo, N. Verma, P. Bharti, J. Saikia, Imtiwati, R. Kumar. *Veterinary World* 9, 260–268.
12. Farooq, U. 2010. Physiological Responses of Cattle to Heat Stress / U. Farooq, H.A. Samad, F. Shehzad, A. Qayyum. *World Applied Sciences Journal* 8 (Special Issue of Biotechnology & Genetic Engineering): 38-43.
13. Gaughan, J.B. 2008. A new heat load index for feedlot cattle / J.B. Gaughan, T.L. Mader, S.M. Holt, A. Lisle. *Journal of Animal Science* 86, 226–234.
14. Gupta, M. 2013. Physiological, biochemical and molecular responses to thermal stress in goats / M. Gupta, S. Kumar, S.S. Dangi, B.L. Jangir. *International Journal of Livestock Research* 3, 27–38.
15. Hao, Y. 2016. Transcriptome analysis reveals that constant heat stress modifies the metabolism and structure of the porcine longissimus dorsi skeletal muscle / Y. Hao, Y. Feng, P. Yang, Y. Cui, J. Liu, C. Yang, X. Gu. *Molecular Genetics and Genomics* 291, 2101–2115.
16. Haque, N. 2013. Impact on hematological parameters in young and adult Murrah buffaloes exposed to acute heat stress / N. Haque, A. Ludri, S.A. Hossain, M. Ashutosh. *Buffalo Bulletin* 3, 321–326.
17. Huson, H.J. 2014. Genome-wide association study and ancestral origins of the slick-hair coat in tropically adapted cattle / H.J. Huson, E.S. Kim, R.W. Godfrey, T.A. Olson, M.C. McClure, C.C. Chase, R. Rizzi, A.M. O'Brien, C.P. Van Tassell, J.F. Garcia, T.S. Sonstegard. *Frontiers in Genetics* 5, 1–12.

18. Kaliber, M. 2016. Physiological and behavioral basis for the successful adaptation of goats to severe water restriction under hot environmental conditions / M. Kaliber, N. Koluman, N. Silanikove. *Animal* 10, 82–88.
19. Lees, A.M. 2018. Short communication: using infrared thermography as an in-situ measure of core body temperature in lot-fed Angus steers / A.M. Lees, J.C. Lees, V. Sejian, A.L. Wallage, J. Gaughan. *International Journal of Biometeorology* 62, 3–8.
20. Mader, T.L. 2004. Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: Feed and water intake / T.L. Mader, M.S. Davis. *Anim. Sci.* 82:3077–3087.
21. Marina, L.P. 2017. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare / L.P. Marina, AG. von Keyserlingk. *Journal of Dairy Science* 100, 8645–8657.
22. McManus, C.M. 2009. Heat tolerance in Brazilian sheep: physiological and blood parameters / C.M. McManus, G.R. Paludo, H. Louvandini, R. Gugel, L.C.B. Sasaki, S.R Paiva. *Tropical Animal Health Production* 41, 95–101.
23. Md Rezau, l Hai Rakib 2020. Effect of heat stress on udder health of dairy cows. *Journal of Dairy Research* [https / Md Rezaul Hai Rakib://doi.org/10.1017/S002202992000088630](https://doi.org/10.1017/S002202992000088630).
24. Morrell, J.M. 2020. Heat stress and bull fertility / J.M. Morrell. *Theriogenology* 153, 62-67.
25. Naas, I.A. 2014. Infrared thermal image for assessing animal health and welfare / I.A. Naas, R.G. Garcia, F.R. Caldara. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology* 2, 66–72.
26. Nardone, A. 2010. Effects of climate change on animal production and sustainability of livestock systems / A. Nardone, B. Ronchi, N. Lacetera, M.S. Ranieri, U. Bernabucci. *Livestock Science* 130, 57–69.
27. Nazifi, S. 2003. The influences of thermal stress on serum biochemical parameters of Iranian fat-tailed sheep and their correlation with triiodothyronine (T3),

thyroxine (T4) and cortisol concentrations / S. Nazifi, M. Saeb, E. Rowghani, K. Kaveh. *Comparative Clinical Pathology* 12, 135–139.

28. Pragna, P. 2018. Summer season induced rhythmic alterations in metabolic activities to adapt to heat stress in three indigenous (Osmanabadi, Malabari and Salem Black) goat breeds / P. Pragna, V. Sejian, N.M. Soren, M. Bagath, G. Krishnan, V. Beena, P.I. Devi, R Bhatta. *Biological Rhythm Research* 49, 551–565.

29. Renaudeau, D. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production / D. Renaudeau, A. Collin, S. Yahav, V. de Basilio, J.L. Gourdine, R.J. Collier. *Animal* 6, 707–728.

30. Sejian, V. 2017. Physiological rhythmicity in Malpura ewes to adapt to cold stress in a semi-arid tropical environment / V. Sejian, D. Kumar, S.M.K. Naqvi. *Biological Rhythm Research* 9, 215–225.

31. Sejian, V. 2013. Effect of multiple stresses (thermal, nutritional and walking stress) on growth, physiological response, blood biochemical and endocrine responses in Malpura ewes under semi-arid tropical environment / V. Sejian, V.P. Maurya, K. Kumar, S.M.K. Naqvi. *Tropical Animal Health and Production* 45, 107–116.

32. Shilja, S. 2017. Summer season related heat and nutritional stresses on the adaptive capability of goats based on blood biochemical response and hepatic HSP70 gene expression / S. Shilja, V. Sejian, M. Bagath, G.B. Manjunathareddy, E.K. Kurien, G. Varma, R. Bhatta. *Biological Rhythms Research* 48, 65–83.

33. Shilja, S. 2016. Adaptive capability as indicated by behavioural and physiological responses, plasma HSP70 level, and PBMC HSP70 mRNA expression in Osmanabadi goats subjected to combined (heat and nutritional) stressors / S. Shilja, V. Sejian, M. Bagath, A. Mech, C.G. David, E.K. Kurien, G. Varma, R. Bhatta. *International Journal of Biometeorology* 60, 1311–1323.

34. Sophia, I. 2016. Quantitative expression of hepatic Toll-Like Receptor 1–10 mRNA in Osmanabadi goats during different climatic stresses / I. Sophia, V. Sejian, M. Bagath, R. Bhatta. *Small Ruminant Research* 141, 11–16.

35. Valente, É.E.L. 2015. Intake, physiological parameters and behavior of Angus and Nellore bulls subjected to heat stress / É.E.L. Valente, M.L. Chizzotti, C.V.R. Oliveira, M.C.Galvão, S.S. Domingues, A.C. Rodrigues, M.M. Ladeira. *Semina: Ciências Agrárias* 36, 4565–4574.

36. Wojtas, K. 2014. Effect of thermal stress on physiological and blood parameters in merino sheep / K. Wojtas, P. Cwynar, R. Kolacz. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy* 58, 283–288.

37. Zhang, H. 2017. Evaluation of the cellular and animal models for the study of antioxidant activity: a review / H. Zhang, M. Yin, L. Huang, J. Wang, L. Gong, J. Liu, B. Sun. *Journal of Food Science* 82, 278–288.

UDC 636.2

ADAPTATION OF CATTLE TO HEAT STRESS

(review)

Chaplynskikh Anastasiia Yakovlevna

Post graduate student

chapik95@mail.ru

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I

Voronezh, Russia

Annotation. Livestock plays a fundamental role in the global economy. Beef production is the most important aspect in providing the population with food. The consequences of global climate change have influenced not only crop production, but also highly productive livestock production, for example, a decrease in the quantity and quality of meat products obtained. Thus, food security is at risk. One of the main negatively affecting livestock productivity is the heat stress factor. Therefore, it is very important to determine the degree of influence of heat stress on the adaptive capabilities and productivity of cattle, as well as to develop methods of prevention and control of the negative consequences of exposure to stressors.

Key words: cattle, adaptation, stress, heat stress.