

УДК 636.237.23:575.118.52:591.51

К ВОПРОСУ О МЕТОДЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПА СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ У МОЛОЧНЫХ КОРОВ

Кайниденов Нурсултан Нурланович (0000-0002-9784-0318)¹

Чортонбаев Тыргоот Джумадиевич (0000-0001-9820-2337)²

Бексеитов Токтар Карибаевич (0000-0002-5838-5447)¹

¹Некоммерческое акционерное общество «Торайгыров университет», Павлодар, Республика Казахстан

²Кыргызский национальный аграрный университет имени К. И. Скрябина, Бишкек, Республика Кыргызстан

Аннотация: в данной статье рассматривается вариабельность уровня кортизола у коров различных пород (голишинская, красная степная, симментальская) и его связь с типами стрессоустойчивости. Исследование показало, что у голишинской породы лимиты кортизола составляют 30,27-184,12 нмоль/л, при этом 11,11% коров отнесены к низкому типу стрессоустойчивости, 18,52% к высокому, а 70,37% к нестабильному типу.

У красной степной породы лимиты кортизола варьировались в пределах 9,4-171,67 нмоль/л, причем 19,35% коров отнесены к низкому типу, 58,06% к нестабильному и 22,58% к высокому типу.

Для симментальской породы лимиты кортизола составили 45,95-188,47 нмоль/л, из которых 14,29% коров отнесены к низкому типу, 64,29% к нестабильному и 21,43% к высокому типу.

Полученные данные свидетельствуют о широких индивидуальных особенностях животных и наличии различных стрессовых ситуаций. Установлена взаимосвязь между высоким базальным уровнем кортизола и стрессом. Определение кортизола в крови остается наиболее популярным физиологическим показателем

Ключевые слова: молочный скот, продуктивность, стресс, стрессоустойчивость, кортизол, ИФА.

СААН УЙЛАРДАГЫ СТРЕССКЕ ТУРУКТУУЛУКТУН ТИБИН АНЫКТОО БЫКМАСЫ ЖӨНҮНДӨ МАСЕЛЕГЕ

Кайниденов Нурсултан Нурланович (0000-0002-9784-0318)¹

Чортонбаев Тыргоот Жумадиевич (0000-0001-9820-2337)²

Бексеитов Токтар Карибаевич (0000-0002-5838-5447)¹

¹ "Торайгыров университети" коммерциялык акционердик коому, Павлодар, Казакстан Республикасы

² К. И. Скрябин атындагы Кыргыз улуттук агрардык университети, Бишкек, Республика Кыргызстан

Аннотация: бул макалада ар кандай породадагы уйлардагы кортизолдун деңгээлинин өзгөрүлмөлүүлүгү (Голиштейн, кызыл талаа, симментал) жана анын стресске туруштук берүү түрлөрү менен байланышы каралат. Изилдөө Голиштейн тукумунун кортизол чеги 30,27-184,12 нмоль/л экенин, уйлардын 11,11% стресске туруктуулуктун төмөн түрү, 18,52% жогору жана 70,37% Туруксуз түрү экенин көрсөттү.

Кызыл талаа породасында кортизол чектери 9,4-171,67 нмоль/л чегинде өзгөрүлүп, уйлардын 19,35% төмөн, 58,06% Туруксуз жана 22,58% жогорку типте болгон. Симментал тукуму үчүн кортизол чектери 45,95-188,47 нмоль/л түзгөн, алардын ичинен уйлардын 14,29% төмөн, 64,29% Туруксуз жана 21,43% жогорку типте. Табылгалар жаныбарлардын кеңири индивидуалдуулугун жана ар кандай стресстик кырдаалдардын болушун көрсөтөт. Кортизолдун жогорку базалдык деңгээли менен стресстин ортосунда байланыш түзүлдү. Кандагы кортизолду аныктоо эң популярдуу физиологиялык көрсөткүч бойдон калууда

Өзөктүү сөздөр: сүт багытындагы бодо мал, өндүрүмдүүлүк, стресс, стресске туруштук берүү, кортизол, ИФА.

TO THE QUESTION ABOUT THE METHOD OF DETERMINING THE TYPE OF STRESS RESISTANCE IN DAIRY COWS

Kaynidenov Nursultan Nurlanovich (0000-0002-9784-0318)¹

Chortonbaev Tyrgoot Dzhumadievich (0000-0001-9820-2337)²

Bexeitov Toktar Karibayevich (0000-0002-5838-5447)¹

¹Non-profit Joint Stock Company «Toraigyrov University», Pavlodar, Republic of Kazakhstan

²K. I. Skryabin Kyrgyz National Agrarian University, Bishkek, Republic of Kyrgyzstan

Annotation: in this article the variability of cortisol level in cows of different breeds (Holstein, red steppe, Simmental) and its relationship with types of stress resistance are considered. The study showed that the Holstein breed has cortisol limits of 30.27-184.12 nmol/l, with 11.11 % of cows assigned to the low type of stress tolerance, 18.52 % to the high type, and 70.37 % to the unstable type.

In Red Steppe breed, cortisol limits ranged from 9.4-171.67 nmol/L, with 19.35 % of cows categorized as low type, 58.06 % as unstable and 22.58 % as high type.

For Simmental breed, cortisol limits were 45.95-188.47 nmol/L, with 14.29 % of cows categorized as low type, 64.29 % as unstable and 21.43 % as high type.

The obtained data indicate wide individual characteristics of animals and the presence of various stress situations. The relationship between high basal level of cortisol and stress has been established. Determination of cortisol in blood remains the most popular physiologic indicator

Keyword: dairy cattle, productivity, stress, stress tolerance, cortisol, ELISA.

1. Введение

Ежегодно население планеты продолжает расти, что в свою очередь влечет потребление продуктов питания. Для человеческого организма молочные и мясные продукты являются единственными самыми важными источниками природного белка. Это объясняет необходимость рационального ведения сельского хозяйства, применяя передовые достижения современной науки.

В молочном скотоводстве весьма важно разработать методы, которые позволяют повысить эффективность воспроизводства стада и производство молока при минимальном количестве скота и занимаемой площади (International Dairy Federation. 2013). В настоящее время во многих странах уже существуют различные системы управления молочным скотоводством, однако и они в ближайшее время будут развиваться и совершенствоваться. Это будет стимулировать повышение производительности отрасли (Dobson H. 2001).

Молочный скот как никакое другое домашнее животное подвержено стрессу. Наиболее часто крупный рогатый скот сталкивается с такими видами стресса как: температура окружающей среды; обращение с животными во время технологических операций, кормление, ветеринарные мероприятия. В животноводстве стресс рассматривается как ответная реакция животного организма, которая всегда возникает при воздействии на животных неблагоприятных факторов внешней среды и является причиной многих негативных последствий – вплоть до смерти животного (Etim N. N. 2013).

Основным требованием для здоровья живого организма является поддержание внутренней среды организма в физиологических пределах. Стресс-факторы окружающей среды постоянно действуют на животных, это нарушает гомеостаз организма. Нарушение постоянства внутренней среды организма

вызывает такую реакцию как адаптация, эта адаптация может быть как вредной, так и благоприятной для человека. Поддержание же гомеостаза является результатом физиологических и гомеостатических адаптаций (Kumar V. 2012).

Стресс-факторы могут возникать как внутри организма (эндогенные), так и из окружающей среды (экзогенные). Стимулирующие факторы, которые провоцируют стресс, необязательно физически болезненны для животного организма (Nardone A. 2006).

Известно, что стресс-факторы различного происхождения могут изменять физиологический уровень определенных гормонов, хемокинов и цитокинов. Изменение концентраций этих веществ передает информацию в ЦНС для адекватного ответа клеток, тканей, органов животного организма. Изменение этих концентраций могут как активировать, так и угнетать иммунную систему, вызывает неспособность организма компенсировать гомеостаз, что может привести к серьезным проблемам со здоровьем (Aich P. 2009).

Реакция животного организма на стресс разделена на три этапа: тревога, сопротивление и истощение (Selye H. 1936). Когда животным переживается только тревога, стресс определяется как острый и быстропроходящий. Он возникает в результате кратковременной ситуации: психологической или физической и позволяет быстро и полностью адаптироваться для восстановления физиологического равновесия. В то время, когда стресс становится хроническим, постоянно повторяется или является продолжительным по времени, без возможности адаптации к нему, характеристики этапа тревоги исчезают, развивается устойчивость (сопротивление), длительное воздействие которого приводит к истощению (Fink G. 2010).

Действительно, при продолжительном воздействии стресса вегетативная нервная система не может активизировать реакцию расслабления, избыточное продуцирование

гормонов стресса приводит к истощению адаптационных возможностей организма и изменению биологических функций. Изменения биологических функций влияет на иммунный, метаболический, эндокринный и психологический статус животного (Trevisi E. 2009).

Изучение стрессоустойчивости у крупного рогатого скота, в основном, исследуется путем измерения активности гипоталамо-гипофизарной системы (ГГС) (Mormède P. 2007). Действие стресса на организм крупного рогатого скота приводит к активации гипоталамуса и выбросу кортикотропин-рилизинг-гормона (КРГ) и аргинин-вазопрессина (АВ) в гипоталамо-гипофизарную систему (Mifsud K. R. 2018). Эти эндокринные взаимодействия способствуют выбросу адренкортикотропного гормона (АКТГ) из передней доли гипофиза, который, в свою очередь, контролирует выработку кортизола в коре надпочечников (Spencer R. L. 2017).

Ряд российских ученых в своих исследованиях рекомендуют в качестве показателей, влияющих на стресс при разведении животных, учитывать такие параметры, как поведение, а также некоторые физиологические показатели (частота пульса, дыхания, состав крови, мочи, молока) (Романова Н. В. 2021).

Т. Н. Землянухина в своем исследовании пришла к выводу, что тип нервной деятельности напрямую зависит от организма и его реакции. И. П. Павловым было предложено систематизировать животных по типу нервной деятельности. Согласно его учению, молочные животные имеют сильный уравновешенный подвижный темперамент. Они, по его мнению, стрессоустойчивы и, как в следствие, менее восприимчивы к нему с изменением продуктивности (Землянухина Т. Н. 2021).

Немаловажное значение при отборе животных имеет оценка уровня стрессоустойчивости крупного рогатого скота. Коровы с повышенной стрессоустойчивостью имеют наиболее

высокую продуктивность, при изменении внешней среды они, как правило, сохраняют в стабильности работу молочной железы, не происходит торможения рефлекса молокоотдачи (Чеченихина О. С. 2019).

Г. И. Бельков подтвердил результаты других авторов, проведя исследование на двух породах жи вотных: чистокровных симментальских коровах и их помесях голштин-симментальских. В ходе опыта было определено, что различие помесей было наиболее высоким по показателю стрессоустойчивости (Бельков Г. И. 2018).

Н. Ю. Чупшева с коллегами отмечают, что фагоцитарная активность нейтрофилов крови (ФАНК) тоже находится в зависимости от уровня стрессоустойчивости животных. В ходе проведения опыта учеными экспериментально получены данные, свидетельствующие о том, что при повышении стрессоустойчивости коров выявляется понижение активности фагоцитов на 1,8–7,3 % ($P < 0,001$) (Vorshch O. A. 2018).

Однако, все эти методы являются косвенными, недостоверно показывающие стресс у коров. «Золотым стандартом» считается определение стрессоустойчивости по концентрации кортизола в крови животных в состоянии условного покоя.

В связи с чем у исследователей имеется большой интерес оценке стресса в молочных фермах. Частый мониторинг позволит выявить и уменьшить и острый и хронический стресс, что приведет к повышению благосостояния коров и доходов фермеров. Это также позволит объективно информировать и маркировать потребителей о благополучии животных.

Для широкомасштабной оценки стресса предпочтительно ориентироваться на концентрацию кортизола в крови животных, как один из самых точных методов определения границ типов стрессоустойчивости.

Кортизол обнаруживается в крови, слюне, волосах, моче, кале, слезной жидкости и даже в семенной жидкости (Carroll J. A. 2014). Кортизол связывается с

внутриклеточными рецепторами, которые либо активируют, либо ингибируют экспрессию генов и клеточные функции (Pascual-Le Tallec L. 2005; Smoak K. A. 2004).

Первый выброс кортизола способствует реакции «бой или бегство» это все происходит для того, чтобы поддержать гомеостаз, например, за счет мобилизации энергии (выброс инсулина и глюконеогенез), подавления гуморального и клеточного иммунитета (Heim C. 2000).

Однако, постоянная длительная деятельность ГГС может привести к перегрузке, т.е. невозможности наладить гомеостаз, что пагубно сказывается на здоровье (повышенная восприимчивость к заболеваниям), продуктивности (снижение удоев и роста) и репродуктивных возможностях организма (Fernandez-Novo A. 2020).

Молочные коровы часто испытывают множество стрессовых факторов, кроме всего перечисленного к ним относится передвижение в доильный зал, перемещение между загонами, во время которого они вступают в социальные контакты с другими коровами. Это может негативно сказаться на его плодовитости и общем состоянии здоровья, имеется прямая корреляция с уменьшением производства молока (Tallo-Parra O. 2018).

Коровы по своей природе любопытные и социальные стадные животные. Они устанавливают в стаде социальную иерархию. Каждый раз, когда в ранее сформированную группу животных вводят новых животных, это резко меняет динамику стада, и в результате этого формируются новые иерархии. Например, во время перегруппировки животных наблюдались статистически значимые изменения в поведении перегруппированных животных (Raussi S. 2005). Эти коровы проводили больше времени стоя без движения, меньше времени лежали, продолжительное время нюхали загон, и показывали более агрессивное поведение, ориентированное на драку. Более того, был сделан вывод, что количество социальных перегруппировок,

которые перенесли животные, не изменило их поведения, не наблюдалось привыкания их к ситуации (Von Keyserlingk M. A. 2008).

Исследований по изучению влияния перегруппировок молочного скота на продуктивность крайне недостаточно. Сообщается в отдельных работах, что удои молока падают в день перегруппировки коров, а у коров, к которым часто добавляют новых животных, концентрация кортизола выше, чем в загонах со стабильной социальной структурой (Smid A. M. C. 2019 Silva P. R. B 2013).

Целью данного исследования было распределение животных молочных пород по типам стрессоустойчивости в зависимости от концентрации кортизола в крови, как наиболее точного способа правильной оценки благополучия молочного скота.

2. Материал и методы исследований

Исследования проводились в августе-октябре 2023 года в ТОО «Победа» Павлодарской области (Северо-восток Казахстана). Хозяйство занимается разведением молочного скота, который представлен 3 породами: голштинская, красная степная и симментальская породы. Содержание животных круглый год стойловое, рацион кормления представлен силосом кукурузным, концентратами. Доение проводится два раза в день, утром – в 5 часов, вечером – в 17 часов. Доильные установки типа «Елочка» (West Falia, Германия), по 12 голов с каждой стороны.

Загоны для животных оснащены вентиляторами с разбрызгивателями для охлаждения в жаркое время года, зимой же предусмотрено отопление.

Животные, содержание и кормление

Для исследований отобрали 27 голов голштинской породы, 31 голова – красной степной породы и 28 голов симментальской породы. Чтобы избежать перекосов в эксперименте животные были подобраны с учетом отсутствия заболеваний, и стадии лактации более 60 дней. Все животные содержались в загонах, вместимостью

70-80 голов с соломенной подстилкой в отсеках для лежания и отдыха. На 1 голову приходилось более 6 м² площади загона. Все животные были собраны в группу заблаговременно до взятия крови, чтобы создать условия «покоя».

Доступ к кормам был свободный, мест в кормушке превышало количество голов в загоне, вода находилась в свободном доступе по 3 ванны в каждом загоне. Также для восполнения дефицита витаминов и минеральных веществ применялись премиксы разных производителей.

Определение уровня кортизола

Реакция опытных животных на стресс была основана на абсолютных значениях концентрации кортизола в крови после воздействия стресс-фактора. Пробы крови брали через 30 минут после доения, согласно методике (Hopster H. 1999).

Сыворотка крови использовалась для определения концентрации кортизола у коров. Эта методика предусматривает, что при определенном количестве связей антител возникает конкуренция между немеченым и меченым ферментом антигена. То есть, концентрация меченых ферментов антигенов обратно пропорциональная концентрации немеченого образца. Исследования проводились на микропланшетном иммуноферментном анализаторе Tecan Infinite F50 (Австрия). Длина волны на этом анализаторе имеет диапазон 450, 600, 620 нм. Использовались лабораторные тест наборы Bovine Cortisol Elisa (BlueGene Biotech, Китай). Обработка исследуемых образцов проводилась на инкубаторе шейкере, встряхивание образцов проводили с частотой 500-700 раз в минуту. Для измерения оптической плотности длина волны была настроена на 450 и 620 нм. Перед запуском планшеты прибор был переведен в положение «0», что соответствует нулевому стандарту. Для определения концентрации кортизола использовалась стандартная кривая, построенная на основе значений стандартов этого гормона.

Определение типа

стрессоустойчивости

Для разделения животных на типы стрессоустойчивости был построен каскад частотного распределения вариационного ряда для кортизола. Количество классов в каскаде рассчитывали по формуле Стерджесса. На основании полученных статистических данных распределение животных по содержанию кортизола было на три группы.

Исходя из статистической закономерности ($X \pm \sigma$) в самую большую группу вошло наибольшее количество животных. Животные с концентрацией кортизола меньше этого диапазона были отнесены в группу, условно названную «высокий тип стрессоустойчивости», а коровы с концентрацией гормона превышающий этот диапазон – в группу, условно названную «низкий тип стрессоустойчивости».

Этические вопросы

Все исследования проводились в соответствии Европейской Конвенцией по защите домашних животных (1987), Европейской Конвенцией по защите экспериментальных животных (1986), Всеобщей декларации о животных (1977), а также в соответствии с национальным законодательством Казахстана (On responsible treatment of animals. Law of the Republic of Kazakhstan dated December 30, 2021 No. 97-VII LRK.).

Статистическая обработка данных

Статистическая обработка данных проводилась с помощью PS Imago Pro Rus (2020).

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP 19680127).

3. Результаты исследований

Концентрация кортизола

У опытных животных были взяты пробы крови в состоянии «условного покоя» для определения уровня глюкокортикоидных гормонов и по уровню кортизола по формуле Стерджесса каждой породы были разделены

Таблица 1. Типы стрессоустойчивости по породам

Тип стрессоустойчивости	Lim _{max} -Lim _{min}	Уровень кортизола, нмоль/л	n	%
Голштинская порода				
Низкий	184,12-30,27	>99,21	3	11,11
Нестабильный		=60,23-99,21	19	70,37
Высокий		<60,23	5	18,52
Красная степная порода				
Низкий	171,67-9,4	>91,82	6	19,35
Нестабильный		=58,59-91,82	18	58,06
Высокий		<58,59	7	22,58
Симментальская порода				
Низкий	188,47-45,95	>88,01	4	14,29
Нестабильный		=57,18-88,01	18	64,29
Высокий		<57,18	6	21,43

на типы стрессоустойчивости: низкий, нестабильный и высокий. Затем рассчитали количество голов и их долю по каждому типу стрессоустойчивости (таблица 1).

Из таблицы видно, что в целом по голштинской породе лимиты по кортизолу составляют 30,27-184,12 нмоль/л. При делении на типы из 27 коров 3 головы или 11,11% отнесены к низкому типу, 5 голов, или 18,52% к высокому и 19 голов, или 70,37% к нестабильному типу стрессоустойчивости.

По красной степной породе лимиты были в пределах 9,4-171,67. При делении на типы стрессоустойчивости из 31 головы 6 голов (19,35%) отнесены к низкому типу, 18 голов, или 58,06% – к нестабильному типу и 7 голов (22,58%) – к высокому типу.

По симментальской породе лимиты составили 45,95-188,47. Из 28 голов 4 головы, или 14,29% были отнесены к низкому типу, 18 голов или 64,29% – к нестабильному типу и 6 голов (21,43%) – к высокому типу.

В целом по всем породам вариабельность по уровню кортизола очень широкая даже в условиях условного покоя, что свидетельствует о широких индивидуальных особенностях каждого животного, а также наличие других различных стрессовых ситуаций, т.к. корова представляет собой сложный

живой организм с огромным количеством физиологических и биохимических отклонений.

4. Дискуссия

Повышение кортизола происходит после любого острого стресса, он показывает заметные и более продолжительные колебания во время стресса, что, по-видимому, связано с нарушением адаптации (Lay D. C. J. 2004). На самом деле высокие уровни кортизола, скорее всего, поддерживаются, когда не удается восстановить гомеостаз или после повторного стресса. Однако, во многих исследованиях, касающихся способа определения стресса и стрессоустойчивости, имеются противоречивые результаты. Вгит наблюдал явление гиперактивности у коров, находящихся в состоянии хронического стресса, и поддерживалась взаимосвязь между высоким базальным уровнем кортизола и действием стресса (Broom D. M. 1988).

Очевидно, что интерес к базальному уровню концентрации кортизола в крови неспроста, поскольку на него могут влиять множество факторов.

Опыты Trevesi et. al. с использованием правила Стерджса, показали, что базальный кортизол плазмы крови молочных коров,

вероятно связан с хроническим стрессом (Trevisi E. 2005).

Более высокие значения кортизола наблюдались в группах, подверженных стрессу, имеющих низкий тип стрессоустойчивости, наши результаты соответствуют модели предложенной Calamari, Bertoni (Calamari L. 2009) и предназначенной для объективной оценки состояния благополучия по стрессу на молочных фермах. Эта взаимосвязь была доказана и в другом исследовании, где базальный уровень кортизола был достоверно повышен у животных, подвергавшихся стрессу (Morrow C. J. 2002).

Как отмечает Morrow et. al. определение кортизола в фекалиях можно использовать как неинвазивный метод для мониторинга здоровья и благополучия мониторинга здоровья молочного скота, но в сочетании с другими физиологическими и поведенческими показателями (Morrow C. J. 2002).

5. Выводы

Таким образом, определение концентрации кортизола является одним из самых точных методов определения типов стрессоустойчивости у молочного скота. Определение его базального уровня в иных биологических материалах имеют достаточно хорошие результаты, однако эти результаты еще не совсем ясны и необходимы дальнейшие исследования, прежде чем заменить определение кортизола в крови, которое остается наиболее популярным физиологическим показателем.

Отметим, что объективное выявление стресса у молочного скота, распределение стада по типам стрессоустойчивости остается важной задачей в молочном скотоводстве. Фактически, оценка благополучия животных по стрессу, может быть использована для оптимизации отрасли молочного скотоводства. Необходимо способствовать накоплению в стаде молочного скота животных с низким или средним типом стрессоустойчивости.

6. Использованная литература

1. International Dairy Federation. 2013. Available online: <https://www.fil-idf.org/publications/fact-sheets/> (accessed on 11 April 2020).
2. Dobson H. Tebble J. E., Smith R. F., Ward W. R. Is stress really all that important? // *Theriogenology*. – 2001. – Т. 55. – № 1. – P. 65–73.
3. Etim N. N., Williams M. E., Evans E. I., Offiong E. E. Physiological and behavioural responses of farm animals to stress: Implications to animal productivity // *Am. J. Adv. Agric. Res.* – 2013. – Т. 1. – P. 53–61.
4. Kumar B., Manuja A., Aich P. Stress and its impact on farm animals // *Frontiers in Bioscience-Elite*. – 2012. – Т. 4. – № 5. – P. 1759–1767.
5. Nardone A. Ronchi B., Lacetera N., Bernabucci U. Climatic effects on productive traits in livestock // *Veterinary Research Communications*. – 2006. – Т. 30. – P. 75.
6. Aich P., Potter A. A., Griebel P. J. Modern approaches to understanding stress and disease susceptibility: A review with special emphasis on respiratory disease // *International journal of general medicine*. – 2009. – P. 19–32.
7. Selye H. A syndrome produced by diverse nocuous agents // *Nature*. – 1936. – Т. 138. – № 3479. – P. 32–32.
8. Fink G. Stress: Definition and history // *Stress science: neuroendocrinology*. – 2010. – Т. 3. – № 9. – P. 3–14.
9. Trevisi E., Bertoni G. Some physiological and biochemical methods for acute and chronic stress evaluation in dairy cows // *Italian Journal of Animal Science*. – 2009. – Т. 8. – № sup1. – P. 265–286.
10. Mormède P. Andanson S., Aupérin B., Beerda B., Guémené D., Malmkvist J., Veissier I. Exploration of the hypothalamic–pituitary–adrenal function as a tool to evaluate animal welfare // *Physiology & behavior*. – 2007. – Т. 92. – № 3. – P. 317–339.
11. Mifsud K. R., Reul J. M. H. M. Mineralocorticoid and glucocorticoid receptor-mediated control of genomic responses to stress in the brain // *Stress*. – 2018. – Т. 21. – № 5. – P. 389–402.
12. Spencer R. L., Deak T. A users guide to HPA axis research // *Physiology & behavior*. – 2017. – Т. 178. – P. 43–65.
13. Романова Н. В., Камошенков А. Р., Иванова Е. В. Стресс и продуктивность

сельскохозяйственных животных: учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 100 с.

14. Землянухина Т. Н. Молочная продуктивность и воспроизводительные качества коров в зависимости от их стрессоустойчивости // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 5 (199). – С. 62–66.

15. Чеченихина О. С., Степанова Ю. А. Стрессоустойчивость и показатели продуктивного долголетия коров разных пород // Молочно-хозяйственный вестник. – 2019. – № 4 (36). – С. 133–140.

16. Бельков Г. И., Панин В. А. Стрессоустойчивость как фактор биоресурсного потенциала симментальских и голштин × симментальских коров // Животноводство и кормопроизводство. 2018. – Т. 101. – № 1. – С. 75–83.

17. Borshch O. A., Borshch O. V., Kosior L., Lastovska I., Pirova L., Jalil G. N. Productivity of cows of different tolerance to stress under robotized milking conditions // Animal husbandry products production and processing technology. – 2018. – № 1 (141). – P. 18–24.

18. Carroll J. A., Sanchez N. C. B. Overlapping physiological responses and endocrine biomarkers that are indicative of stress responsiveness and immune function in beef cattle // J. Anim. Sci. – 2014. – Т. 92. – P. 5311–5318.

19. Pascual-Le Tallec L., Lombès M. The mineralocorticoid receptor: a journey exploring its diversity and specificity of action // Molecular endocrinology. – 2005. – Т. 19. – № 9. – P. 2211–2221.

20. Smoak K. A., Cidlowski J. A. Mechanisms of glucocorticoid receptor signaling during inflammation // Mechanisms of ageing and development. – 2004. – Т. 125. – № 10–11. – P. 697–706.

21. Heim C., Ehlert U., Hellhammer D. H. The potential role of hypocortisolism in the pathophysiology of stress-related bodily disorders // Psychoneuroendocrinology. – 2000. – Т. 25. – № 1. – P. 1–35.

22. Fernandez-Novo A. et al. The effect of stress on reproduction and reproductive technologies in beef cattle—A review // Animals. – 2020. – Т. 10. – № 11. – P. 2096.

23. Tallo-Parra O., Carbajal A., Monclús L., Manteca X., Lopez-Bejar M. Hair cortisol and progesterone detection in dairy cattle: interrelation

with physiological status and milk production // Domestic animal endocrinology. – 2018. – Т. 64. – P. 1–8.

24. Raussi S., Boissy A., Delval E., Pradel P., Kaihilahti J., Veissier, I. Does repeated regrouping alter the social behaviour of heifers? // Applied Animal Behaviour Science. – 2005. – Т. 93. – № 1–2. – P. 1–12.

25. Von Keyserlingk M. A. G., Olenick D., Weary D. M. Acute behavioral effects of regrouping dairy cows // Journal of Dairy Science. – 2008. – Т. 91. – № 3. – P. 1011–1016.

26. Smid A. M. C., Weary D. M., Bokkers E. A., von Keyserlingk M. A. The effects of regrouping in relation to fresh feed delivery in lactating Holstein cows // Journal of Dairy Science. – 2019. – Т. 102. – № 7. – P. 6545–6550.

27. Silva P. R. B., Moraes J. G. N., Mendonça L. G. D., Scanavez A. A., Nakagawa G., Ballou M. A., Chebel R. C. Effects of weekly regrouping of prepartum dairy cows on innate immune response and antibody concentration // Journal of dairy science. – 2013. – Т. 96. – № 12. – P. 7649–7657.

28. Hopster H., van der Werf J. T., Erkens J. H., & Blokhuis H. J. Effects of repeated jugular puncture on plasma cortisol concentrations in loose-housed dairy cows // Journal of Animal Science. – 1999. – Т. 77. – № 3. – P. 708–714.

29. Lay D. C. J., Wilson M. E. Considerations when using physiological data in assessing animal well-being. – 2004. – P. 614–626.

30. Broom D. M. The scientific assessment of animal welfare // Applied Animal Behaviour Science. – 1988. – Т. 20. – № 1–2. – P. 5–19.

31. Trevisi E., Lombardelli L., Bionaz M., Bertoni G. Plasma cortisol level in relationship to welfare conditions in dairy cows // 56th Annual Meeting EAAP, Uppsala, Sweden. – 2005. – P. 5–8.

32. Calamari L., Bertoni G. Model to evaluate welfare in dairy cow farms // Italian Journal of Animal Science. – 2009. – Т. 8. – № sup1. – P. 301–323.

33. Morrow C. J., Kolver E. S., Verkerk G. A., Matthews L. R. Fecal glucocorticoid metabolites as a measure of adrenal activity in dairy cattle // General and Comparative Endocrinology. – 2002. – Т. 126. – № 2. – P. 229–241.