

УДК 636.2.084.1.053.2:546.76:612.1)

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2026-407-06-87-94

И.П. Новгородова¹ ✉

М.Г. Чабаев¹

Р.В. Некрасов²

Н.В. Боголюбова¹

¹Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, посёлок Дубровицы, городской округ Подольск, Московская область, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных — филиала ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, посёлок Институт, город Боровск, Калужская область, Россия

✉ novg-inna2005@yandex.ru

Поступила в редакцию: 10.02.2026

Одобрена после рецензирования: 19.05.2026

Принята к публикации: 02.06.2026

© Новгородова И.П., Чабаев М.Г., Некрасов Р.В., Боголюбова Н.В.

Гормональный и биохимический статус организма ремонтных телок при скармливании хрома в органической форме

РЕЗЮМЕ

Разработка норм кормления крупного рогатого скота с учетом важнейших элементов питания, к которым относится микроэлемент хром, весьма востребована. Цель исследований заключалась в изучении гормонального статуса и биохимических показателей крови ремонтных телок при скармливании пропионата хрома в разном количестве и выявлении корреляционных связей между исследуемыми показателями. Работа была проведена на ремонтных телках (15 голов) черно-пестрой голшти-низированной породы в возрасте от 6 до 9 месяцев в ОАО «Предприятие «Емельяновка» (АО ОСП АГРО) с. Емельяновка, Московской области. Телки были разделены на 3 группы: I группа — контроль (основной рацион, n = 5), II группа — опытная (основной рацион + 3,75 мг/гол. в сутки пропионата хрома, n = 5) и III группа — опытная (основной рацион + 2,81 мг/гол в сутки пропионата хрома, n = 5) из расчета 0,02 мг/кг живой массы. В конце опыта продолжительностью 90 дней были отобраны образцы крови животных и проведено исследование их гормонального статуса по трийодтирону (T_3), тироксину (T_4), тиреотропному гормону (ТТГ) и кортизолу, а также отдельным биохимическим показателям. Скармливание хрома ремонтным телкам дополнительно к основному рациону позволило выявить выраженные отличия между исследуемыми группами по содержанию кортизола, при сравнении контрольной группы со II группой на 56,0% ($p < 0,05$) и с III группой — на 9,5%. Незначительные отличия были отмечены между II и III группами по концентрации тироксина и трийодтиронины, 21,70 пмоль/л и 19,64 пмоль/л; 10,39 пмоль/л и 9,64 пмоль/л, соответственно. В ходе исследований были выявлены высокие положительные корреляционные связи во II и в III опытных группах между глюкозой и кортизолом ($r = 0,890$; $p < 0,05$ и $r = 0,931$; $p < 0,05$) и между глюкозой и T_3 ($r = 0,890$; $p < 0,05$ и $r = 0,915$; $p < 0,05$).

Ключевые слова: крупный рогатый скот, ремонтные телки, хром, гормональный статус, кортизол, тироксин, трийодтиронин, биохимия крови

Для цитирования: Новгородова И.П., Чабаев М.Г., Некрасов Р.В., Боголюбова Н.В. Гормональный и биохимический статус организма ремонтных телок при скармливании хрома в органической форме. *Аграрная наука*. 2026; 407 (06): 87–94. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-407-06-87-94>

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2026-407-06-87-94

Inna P. Novgorodova¹ ✉

Magomed G. Chabaev¹

Roman V. Nekrasov²

Nadezhda V. Bogolyubova¹

¹L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Moscow region, Russia

²All-Russia Research Institute of Animal Physiology, Biochemistry, and Nutrition — Branch of the L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, village Institute, Borovsk, Kaluga Region, Russia

✉ novg-inna2005@yandex.ru

Received by the editorial office: 10.02.2026

Accepted in revised: 19.05.2026

Accepted for publication: 02.06.2026

© Novgorodova I.P., Chabaev M.G., Nekrasov R.V., Bogolyubova N.V.

Hormonal and biochemical status of the body of repair heifers when feeding chromium in organic

ABSTRACT

The development of feeding standards for cattle, taking into account the most important elements of nutrition, which include the trace element chromium, is in demand. The purpose of the studies was to study the hormonal status and biochemical parameters of the blood of repair heifers when feeding different amounts of chromium propionate and to identify correlations between the studied parameters. The work was carried out on repair heifers (15 heads) of black-and-white Holstein breed aged from 6 to 9 months at JSC Enterprise Yemelyanovka (JSC OSP AGRO) in the village of Yemelyanovka, Moscow region. Heifers were divided into 3 groups: group I — control (basic diet, n = 5), group II — experimental (basic diet + 3.75 mg/head per day of chromium propionate, n = 5) and group III — experimental (basic diet + 2.81 mg/head per day of chromium propionate, n = 5) at 0.02 mg/kg bw. At the end of the 90-day experiment, animal blood samples were taken and their hormonal status was studied for triiodothyronine (T_3), thyroxine (T_4), thyroid-stimulating hormone (TSH) and cortisol, as well as individual biochemical parameters. Feeding chromium to repair heifers in addition to the main diet revealed pronounced differences between the studied groups in terms of cortisol content, when comparing the control group with group II by 56.0 ($p < 0.05$) and with group III by 9.5%. Minor differences were noted between groups II and III in thyroxine and triiodothyronine concentrations, 21.70 pmol/l and 19.64 pmol/L; 10.39 pmol/l and 9.64 pmol/L, respectively. The studies revealed high positive correlations in the II and III experimental groups between glucose and cortisol ($r = 0.890$; $p < 0.05$ and $r = 0.931$; $p < 0.05$) and between glucose and T_3 ($r = 0.890$; $p < 0.05$ and $r = 0.915$; $p < 0.05$).

Key words: cattle, repair heifers, chromium, hormonal status, cortisol, thyroxine, triiodothyronine, blood

For citation: Novgorodova I.P., Chabaev M.G., Nekrasov R.V., Bogolyubova N.V. Hormonal and biochemical status of the body of repair heifers when feeding chromium in organic. *Agrarian science*. 2026; 407 (06): 87–94 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-407-06-87-94>

Введение/Introduction

Роль минеральных веществ в обменных процессах животных доказана многими исследователями [1–3]. Нормы их потребления зависят от многих факторов, основными из которых являются физиологическое состояние (возраст, беременность, лактация) и уровень продуктивности животных. Существует необходимость в разработке норм кормления по важнейшим элементам питания, один из которых — хром [4, 5].

В исследованиях многих авторов было выявлено, что хром является незаменимым микроэлементом для организма животных. Он играет важную роль в снижении действия теплового и окислительного стресса, стимулирует рост и развитие, а также взаимодействует с ферментами, гормонами, нуклеиновыми кислотами и витаминами [2, 5–8]. Было отмечено, что метаболизм хрома жизненно важен для удовлетворения потребности животных и поддержания нормальных биологических функций, в то время как недостаток или избыток этого микроэлемента может привести к дефициту и даже токсическому отравлению [9, 10]. Это ведет к нарушению обмена веществ и снижению продуктивности. Именно поэтому рационы жвачных животных необходимо обеспечить минеральными добавками, содержащими микроэлементы [11].

По данным С.В. Лебедева с коллегами (2021 г.), «важным инструментом регуляции обмена хрома в организме является его способность проникать через стенку кишечника» [7]. Это зависит от размера и наличия пищеварительных веществ в корме, таких как витамины и аминокислоты. Хром обладает чрезмерно низкой усвояемостью и всасываемостью, но необходимо учитывать, что органические формы усваиваются примерно на 25%, а неорганические — около 3% [12]. Исследователями было доказано, что независимо от увеличения содержания хрома в рационе (40–240 мкг/сут), уровень его всасывания составляет 0,4–2% [1, 13, 14].

Вопросами кормления крупного рогатого скота с учетом оптимальных доз хрома занимались многие ученые [2, 3, 11, 15–17]. Их исследованиями было установлено, что использование трехвалентного хрома в рационах приводит к интенсивному росту и развитию молодняка, улучшению переваримости питательных веществ кормов.

Пропионат хрома используют в качестве добавки для крупного рогатого скота в количестве до 0,50 мг на 1 кг сухого вещества. Скармливание телкам этого микроэлемента в дозе от 0,47 до 1,42 мг на 1 кг сухого вещества приводит к влиянию на метаболизм глюкозы [15, 17]. Было выявлено положительное влияние добавок хрома на среднесуточный прирост, обмен углеводов и белка, улучшение активности инсулина [17, 18].

Особый интерес вызывает улучшение состояния телят при использовании скармливания хрома во время стрессовых ситуаций (снижение частоты заболеваний при транспортировке, вакцинации и т.д.) [19–28, 17].

Стресс сопровождается повышением концентрации кортизола в сыворотке крови животных, а включение хрома в рацион телят приводит к снижению концентрации кортизола [20, 27, 29]. Добавление хрома в виде обогащенных дрожжей при скармливании телятам в дозе 200, 500 или 1000 мкг/кг позволяло повысить прирост (на 29%), переваримость корма (на 15%), при этом наблюдалось линейное снижение кортизола в сыворотке крови в зависимости от увеличения дозы хрома [20, 17].

Биохимические и гормональные показатели крови являются важными факторами оценки состояния здоровья, физиологического статуса и продуктивности животных [29, 30], также выступают индикаторами благополучия животных.

При изучении вопроса применения органических форм минеральных веществ в питании животных недостаточно информации о влиянии пропионата хрома на биохимический и гормональный статус организма ремонтных телок.

Цель исследований — изучение гормонального статуса и биохимических показателей крови ремонтных телок при скармливании пропионата хрома в разной дозе и выявление корреляционных связей между исследуемыми показателями.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования были проведены на ремонтных телках черно-пестрой голштинизированной породы в возрасте от 6 до 9 месяцев (с февраля по апрель в течение 90 дней), с живой массой при постановке на опыт 205 кг при скармливании дополнительно к рациону пропионата хрома (производитель ООО «Виталаб, г. Самара») в разном количестве в ОАО «Предприятие «Емельяновка» (АО ОСП АГРО) с. Емельяновка, Московской области.

Основной рацион, используемый для кормления ремонтных телок, был представлен люцерновым сенажом (5,0 кг), кукурузным силосом (5,0 кг), люцерновым сеном (0,5 кг), комбикормом ККМ КС-51 (1,2 кг), рапсовым жмыхом (30 г) и поваренной солью (50 г).

Содержание исследуемых животных (температура, влажность, освещение) для всех групп соответствовали действующим зоогигиеническим нормативам.

Животные были разделены на 3 группы: I группа — контрольная, получала основной рацион (ОР) (n = 5), II группа — опытная, скармливали дополнительно к ОР в составе премикса 3,75 мг/гол. в сутки пропионата хрома (n = 5) из расчета 0,02 мг/кг живой массы (100% по результатам опыта М.Г. Чабая с соавторами (2025 г.) по

определению оптимальных норм хрома)¹ и III группа — опытная, скормливали 2,81 мг/гол. в сутки пропионата хрома ($n = 5$) (75%). Дозировка основана на предварительном изучении источников литературы по вопросу использования органических форм хрома в рационах крупного рогатого скота [8, 16].

Для проведения исследований гормонального статуса у животных была отобрана кровь из яремной вены. Сыворотку крови замораживали при -20°C до ее использования.

Эксперименты проводили согласно основам и принципам надлежащего содержания и ухода за животными в соответствии с Директивой Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 г. по защите и охране животных, используемых в научных целях².

Исследования гормонов проводили в отделе кормления сельскохозяйственных животных в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» с использованием автоматического микропланшетного фотометра Immunochem-2100 (High Technology Inc., США) и наборов фирмы «Иммунотех» (Россия). В ходе исследований были исследованы следующие показатели: тироксин (T_4 св.), трийодтиронин (T_3 св.), тиреотропный гормон (ТТГ) и кортизол, а также с целью оценки функционального состояния щитовидной железы рассчитывали интегральный тиреоидный индекс (ИТИ) и индекс периферической конверсии (ИПК)³.

Исследование биохимических показателей крови были проведены в отделе физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных на биохимическом анализаторе ERBA XL-640 (Чехия) с использованием реагентов производителя. Были определены: общий белок, альбумин, глобулин, креатинин, мочевины, АЛТ, АСТ, щелочная фосфатаза, холестерин, билирубин общий, глюкоза, триглицериды, магний, кальций, фосфор, железо и хлориды.

Статистический анализ полученных результатов проводили с применением дисперсионного анализа (ANOVA) в программе STATISTICA 10.0 (StatSoft, Inc., 2011, США) с использованием методов описательной статистики и корреляционного анализа. Были рассчитаны средние арифметические значения ($\bar{X}$), стандартные ошибки среднего ($\pm S_{\bar{x}}$). Достоверность различий оценивали по уровню значимости (p), достоверные различия имели статистически значимую тенденцию при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Были изучены гормональные профили и биохимические показатели крови ремонтных телок в возрасте от 6 до 9 месяцев, которым скормливали хром органической формы в разном количестве (таблица 1 и 2). Из таблицы 1 видно, что существенного влияния скормливание хрома в опытных группах на концентрацию тиреотропных гормонов не наблюдалось. Использование пропионата хрома в разной концентрации ремонтным телкам практически не отразилось на содержании в сыворотке крови тиреотропного гормона, в опытных группах концентрация гормона составила 0,48 мМЕ/л и 0,43 мМЕ/л, соответственно, и в контрольной — 0,47 мМЕ/л.

Выраженные отличия между исследуемыми группами были выявлены по содержанию кортизола в контрольной группе и при сравнении со II группой составил 56,0%. Уровень достоверности по концентрации кортизола между II опытной группой и контролем был установлен на уровне $p < 0,05$.

Незначительные отличия были отмечены между группами по концентрации тироксина (во II группе — 21,70 пмоль/л и в III группе — 19,64 пмоль/л) и трийодтиронину (во II группе — 10,39 пмоль/л и в III группе — 9,64 пмоль/л). Уровень достоверности по концентрации тироксина между III группой и контролем находился на уровне $p < 0,05$.

Исследуемые показатели были в пределах физиологических норм. Индекс периферической конверсии особо не отличался в опытных группах животных и в контроле, составил 2,19; 2,07 и 2,18 (данные не достоверны). В то время как интегральный тиреоидный индекс имел

Таблица 1. Показатели гормонального профиля ремонтных телок ($n = 15$, $\bar{X} \pm S_x$)

Table 1. Indicators of hormonal profile of repair heifers ($n = 15$, $\bar{X} \pm S_x$)

Показатели	Группа		
	I группа (контроль)	II группа	III группа
Кортизол, нмоль/л min-max	105,83 $\pm$ 18,22 69,61–171,35	59,28 $\pm$ 11,28* 21,88–82,87	96,63 $\pm$ 12,06 66,29–121,28
T_4 св., пмоль/л min-max	22,43 $\pm$ 0,95 19,51–25,13	21,70 $\pm$ 0,48 20,24–22,97	19,64 $\pm$ 1,05* 16,59–22,88
T_3 св., пмоль/л min-max	10,60 $\pm$ 1,02 8,41–14,12	10,39 $\pm$ 1,10 8,08–13,21	9,64 $\pm$ 0,85 8,19–12,87
ТТГ, мМЕ/л min-max	0,47 $\pm$ 0,04 0,36–0,55	0,48 $\pm$ 0,04 0,42–0,63	0,43 $\pm$ 0,02 0,36–0,55
ИТИ min-max	73,28 $\pm$ 8,49 55,27–98,44	68,72 $\pm$ 4,91 52,47–82,43	69,04 $\pm$ 7,64 55,47–82,43
ИПК min-max	2,18 $\pm$ 0,19 1,51–2,54	2,19 $\pm$ 0,24 1,58–2,84	2,07 $\pm$ 0,13 1,78–2,44

Примечание: * $p < 0,05$, ИТИ — интегральный тиреоидный индекс, ИПК — индекс периферической конверсии

¹ Чабаяев М.Г., Некрасов Р.В., Туаева Е.В. Влияние различных соединений и уровней хрома в рационах молодняка крупного рогатого скота // Молочное и мясное скотоводство. 2025. №5. С. 41–44. Doi:10.33943/MMS.2025.82.56.008

² https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf

³ <https://www.efis.ru/uslugi-laboratorii/integralnyy-tireoidnyy-indeks-iti-i-indeks-perifericheskoy-konversii-ipk>

наиболее высокие значения в контрольной группе (73,28 против 68,72-69,04) при значении ТТГ 0,47 против 0,43-0,48 мМЕ/л (данные не достоверны).

Биохимические показатели крови у исследуемых животных при скормливания органического хрома по холестерину, АСТ, АЛТ и креатинину не сильно отличались между контролем и опытными группами (таблица 2).

Показатели общего белка были максимальными в III группе животных при скормливания хрома в количестве 2,81 мг/гол в сутки. Разница по содержанию общего белка между группами составила около 1,5%.

Содержание в сыворотке крови у ремонтных телок альбумина и глобулина у исследуемых опытных групп по отношению к контрольной отличались следующим образом: во II группе показатель был выше на 5,0% и 3,7%, а в III группе — на 8,2% ($p < 0,05$) и 3,6% соответственно.

Заметные отличия при сравнении II и III опытных групп с контрольной были выявлены по таким показателям крови: общий билирубин выше на 17,5% и 12,3%, мочевины — на 16,0% и 18,3%, глюкозы — на 6,4% и 8,1% ($p < 0,05$).

По содержанию щелочной фосфатазы в группе ремонтного молодняка при скормливания хрома в количестве 3,75 мг/гол. в сутки наблюдалось незначительное увеличение содержания в крови (на 0,9%), по триглицеридам — на 35,7%. В то время как у животных III опытной группы по этим показателям было выявлено снижение на 15,8% и 11,2% по сравнению с контролем.

Стоит отметить, что показатели магния и железа у ремонтного молодняка при скормливания органического хрома в разном количестве привело к уменьшению содержания в обеих группах на 4,1% и 18,2%; 24,6% и 5,9%.

В ходе исследований был проведен анализ корреляционных связей между гормональными профилями и биохимическими показателями ремонтных телок в возрасте 6-9 месяцев при скормливания пропионата хрома разной концентрации (таблица 3).

У животных контрольной группы была выявлена высокая положительная корреляционная зависимость между креатинином и ТТГ ($r = 0,925$; $p < 0,05$) и между креатинином и ИПК ($r = 0,936$; $p < 0,05$) и высокая отрицательная связь между мочевиной и кортизолом ($r = -0,890$; $p < 0,05$) и креатинином и T_3 ($r = -0,890$; $p < 0,05$) (таблица 3).

У животных II опытной группы при скормливания пропионата хрома в дозе 3,75 мг/гол в сутки наблюдались статистически значимые корреляционные связи между альбумином и кортизолом ($r = 0,934$; $p < 0,05$) и между глюкозой и кортизолом ($r = 0,890$; $p < 0,05$), а также глюкозой и T_3 ($r = 0,890$; $p < 0,05$), между АСТ и ИТИ ($r = 0,895$; $p < 0,05$), кальцием и ТТГ ($r = 0,982$; $p < 0,05$) и железом и ИПК ($r = 0,952$; $p < 0,05$) (таблица 3). Отрицательная корреляция была выявлена между

Таблица 2. Показатели биохимии крови ремонтных телок ($n = 15$, $\bar{X} \pm Sx$)

Table 2. Blood biochemistry parameters of repair heifers ($n = 15$, $\bar{X} \pm Sx$)

Показатели	Группа		
	I группа (контроль)	II группа	III группа
Общий белок, г/л	64,34 $\pm$ 1,32	67,10 $\pm$ 2,42	68,10 $\pm$ 1,39*
Альбумин, г/л	31,46 $\pm$ 1,11	33,02 $\pm$ 0,63	34,04 $\pm$ 0,24*
Глобулин, г/л	32,88 $\pm$ 1,02	34,08 $\pm$ 0,08	34,06 $\pm$ 1,36
А/Г	0,96 $\pm$ 0,05	0,97 $\pm$ 0,08	1,00 $\pm$ 0,04
Холестерин, ммоль/л	2,48 $\pm$ 0,11	2,48 $\pm$ 0,29	2,58 $\pm$ 0,12
Билирубин общий, ммоль/л	0,57 $\pm$ 0,06	0,67 $\pm$ 0,17	0,64 $\pm$ 0,08
АЛТ, МЕ/л	28,60 $\pm$ 2,11	29,32 $\pm$ 1,21	29,42 $\pm$ 0,44
АСТ, МЕ/л	68,84 $\pm$ 6,32	68,84 $\pm$ 5,65	68,42 $\pm$ 3,85
Креатинин, мкмоль/л	105,48 $\pm$ 3,73	105,48 $\pm$ 3,84	106,05 $\pm$ 3,22
Мочевина, ммоль/л	5,36 $\pm$ 0,16	6,22 $\pm$ 0,34	6,34 $\pm$ 0,38
Глюкоза, ммоль/л	4,96 $\pm$ 0,11	5,28 $\pm$ 0,10	5,36 $\pm$ 0,14*
Щелочная фосфатаза, МЕ/л	215,6 $\pm$ 29,52	217,6 $\pm$ 43,46	181,6 $\pm$ 23,43
Триглицериды, Ммоль/л	0,196 $\pm$ 0,03	0,266 $\pm$ 0,04	0,174 $\pm$ 0,03
Магний, ммоль/л	1,22 $\pm$ 0,04	1,17 $\pm$ 0,09	0,92 $\pm$ 0,02
Железо, ммоль/л	30,87 $\pm$ 3,87	25,26 $\pm$ 1,66	29,05 $\pm$ 0,91
Кальций, ммоль/л	2,49 $\pm$ 0,03	2,55 $\pm$ 0,03	2,56 $\pm$ 0,03
Фосфор, ммоль/л	3,16 $\pm$ 0,05	3,23 $\pm$ 0,04	3,23 $\pm$ 0,07

Примечание: * $p < 0,05$

Таблица 3. Корреляции биохимических и гормональных показателей крови

Table 3. Correlations of biochemical and hormonal blood parameters

	кортизол	ТТГ	T_3	ИТИ	ИПК
I группа (контроль)					
мочевина	-0,89*	-0,13	0,23	0,05	-0,50
креатинин	0,15	0,92*	-0,89*	-0,87	0,94*
II группа					
альбумин	0,93*	0,21	0,66	0,17	-0,61
глюкоза	0,89*	0,72	0,89*	-0,33	-0,92*
АСТ	-0,13	-0,83	-0,02	0,89*	0,05
кальций	0,45	0,98*	0,60	-0,79	-0,65
железо	-0,69	-0,42	-0,94*	-0,01	0,95*
III группа					
глюкоза	0,93*	-0,95*	0,91*	0,88	-0,87
кальций	-0,92*	0,84	-0,78	-0,74	0,76
железо	-0,49	0,75	-0,89*	-0,93*	0,43

Примечание: * $p < 0,05$, ИТИ — интегральный тиреоидный индекс, ИПК — индекс периферической конверсии

глюкозой и ИПК ($r = -0,921$; $p < 0,01$) и железом и T_3 ($r = -0,945$; $p < 0,05$).

В группе ремонтных телок III группы, которым к основному рациону добавляли 2,81 мг/гол в сутки пропионата хрома высокая положительная корреляционная связь была отмечена между глюкозой и кортизолом ($r = 0,931$; $p < 0,05$), между глюкозой и T_3 ($r = 0,915$; $p < 0,05$) (таблица 3). Статистически значимые отрицательные корреляционные связи у животных этой группы были выявлены между глюкозой и ТТГ ($r = -0,954$; $p < 0,05$), кальцием и кортизолом ($r = -0,924$; $p < 0,05$), железом и T_3 ($r = -0,891$; $p < 0,05$) и железом и ИТИ ($r = -0,932$; $p < 0,05$).

В то время как у животных контрольной группы не было выявлено корреляционной связи между кортизолом и глюкозой. Это можно объяснить тем, что скормливание органического хрома ремонтному молодняку значительно снижает уровень кортизола в сыворотке крови, хотя при этом содержание глюкозы у животных между группами отличается не сильно. Глюкоза жизненно важна для правильного функционирования метаболизма и иммунитета животных, так как она является основным метаболическим продуктом для многих иммунных клеток [31].

К основным функциям кортизола в организме относятся обеспечение иммунного ответа и реакция на стресс. Этот гормон имеет большое влияние на уровень сахара в крови, обмен веществ, воспалительные процессы [32].

Минеральные компоненты корма влияют на белковый, углеводный и жировой обмен, а также поддерживают защитные функции организма и участвуют в регуляции пищеварения [33–35]. Основная функция минералов заключается в переносе энергии жиров организмом для увеличения темпов роста [7]. Хром снижает перекисное окисление липидов, регулирует уровень холестерина и является основным компонентом фактора толерантности глюкозы.

С.В. Лебедев с коллегами (2021 г.) в исследованиях отмечали влияние хрома на телят, проявляющееся в увеличении концентрации глюкозы (на 10,6%, $p < 0,05$), триглицеридов (на 14,3%) [7]. Это свидетельствует о влиянии хрома на липидный обмен. В то же время в зависимости от возраста наблюдалось увеличение содержания холестерина и снижение триглицеридов.

Хром является важным элементом в организме животных, имеет решающее значение для поддержания нормальной регуляции углеводного и липидного обмена [28].

S.K. Moghadam с другими учеными (2020 г.) при скормливании телятам метилхрома не отметили влияния на концентрацию общего белка, альбумина, а содержание гормонов щитовидной железы было в пределах нормы [36].

Одной из функций хрома является участие его в метаболизме глюкозы. Было доказано воздействие этого микроэлемента на белковый обмен, у коров предотвращение кетоза и уменьшение отложения жира в тканях, положительное влияние на иммунную систему, а у телят отмечено положительное влияние добавок хрома на среднесуточный прирост массы тела [17]. Использование хрома в рационах кормления, способствует улучшению реакций животных на стрессовые ситуации [37–41].

У животных II и III опытных групп, в рацион которых был введен органический хром в разной дозе,

наблюдались положительные корреляционные связи между глюкозой и кортизолом и между глюкозой и T_3 . Кортизол является гормоном стресса, который вырабатывается в коре надпочечников и помогает организму справляться со стрессовыми ситуациями, при этом происходит увеличение уровня глюкозы в крови, обеспечивающей организм животных энергией. Имеются литературные данные, указывающие на то, что глюкоза, триглицериды и холестерин являются индикаторами стресса. Гормоны щитовидной железы оказывают влияния на содержание этих биохимических показателей в сыворотке крови [42].

Выводы/Conclusions

При скормливании органического хрома не было выявлено отрицательного влияния на биохимический и гормональный статус животных, поэтому используемые дозы в количестве 3,75 мг/гол. и 2,81 мг/гол. в сутки могут быть рекомендованы для кормления ремонтных телок. Оптимальной дозой скормливания пропионата хрома для крупного рогатого скота в возрасте 6–9 месяцев является 2,81 мг/гол. в сутки на протяжении не менее 3 месяцев.

Данное исследование является звеном в комплексном изучении влияния алиментарного фактора органической формы хрома на организм животных. В задачу исследований входило изучение гормонального статуса и биохимических показателей крови ремонтных телок при скормливании пропионата хрома в разной дозе, в том числе выявление оптимального количества хрома органической формы для молодняка в возрасте от 6 до 9 месяцев. Скармливание пропионата хрома в количестве 3,75 мг/гол. в сутки (II группа) и 2,81 мг/гол. в сутки (III группа) особых отличий между опытными группами по гормональному профилю и биохимическим показателям не выявило, поэтому эти дозы являются рекомендуемыми при выращивании ремонтного молодняка.

В крови исследуемых животных, которым в рацион добавляли хром в дозе 3,75 мг/гол. в сутки, отмечалось снижение концентрации кортизола. При изучении корреляционных связей между изучаемыми показателями выявлены различные тенденции в группах контроля и опыта, что указывает на влияние алиментарного фактора на биохимический и гормональный статус организма. Также была отмечена корреляционная связь в опытных группах между глюкозой и кортизолом и между глюкозой и T_3 . Необходимо дальнейшие исследования, направленные на использование хрома в рационах ремонтных телок, связанные с уточнением влияния данного микроэлемента на метаболизм глюкозы в предсочном возрасте.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания при финансовой поддержке фундаментальных научных исследований Минобрнауки РФ № 121052600314-1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Самохин В.Т. Профилактика нарушений обмена микроэлементов у животных. 2-е изд. Воронеж: Воронежский государственный университет. 2003. 136. ISBN 5-9273-0423-0 EDN RTXUUF
2. Кокорев В.А. и др. Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных животных. *Зоотехния*. 2004; (7): 12–16. EDN HRRXLJ
3. Кокорев В.А., Гурьянов А.М., Гибалкина Н.И. Влияние хрома на энергию роста нетелей черно-пестрой породы. *Аграрный научный журнал*. 2020; (9): 58–60. <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i9pp58-60>
4. Цис Е.Ю., Дуборезов В.М., Рыков Р.А. Влияние различного уровня кормления на продуктивность и обмен веществ молочных коров. *Зоотехния*. 2023; (5): 2–4. EDN GXNXBF
5. Боголюбова Н.В. Некоторые аспекты антиоксидантной защиты в организме молодняка крупного рогатого скота. *Аграрная наука*. 2023; (5): 38–41. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-38-41>
6. Che D., Adams S., Wei C., Gui-Xin Q., Atiba E.M., Hailong J. Effects of Astragalus membranaceus fiber on growth performance, nutrient digestibility, microbial composition, VFA production, gut pH, and immunity of weaned pigs. *MicrobiologyOpen*. 2019; 8(5): e00712. <https://doi.org/10.1002/mbo3.712>
7. Lebedev S. et al. Use of chromium nanoparticles as a protector of digestive enzymes and biochemical parameters for various sources of fat in the diet of calves. *AIMS Agriculture and Food*. 2021; 6(1): 14–31. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2021002>
8. Шошина О.В., Лебедев С.В., Шейда Е.В., Корнейченко В.И. Сравнительный анализ влияния различных форм хрома на пищеварительные процессы в рубце телят. *Животноводство и кормопроизводство*. 2022; 105(1): 31–38. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-31>
9. Anderson G.J., Frazer D.M. Current understanding of iron homeostasis. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2017; 106(S6): 1559S–1566S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.117.155804>
10. Wodzanowski K.A., Cassel S.E., Grimes C.L., Kloxin A.M. Tools for probing host-bacteria interactions in the gut microenvironment: From molecular to cellular levels. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*. 2020; 30(10): 127116. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2020.127116>
11. Шейда Е.В., Лебедев С.В., Мирошников С.А., Гречкина В.В., Левахин Г.И. Воздействие ультрадисперсных частиц Fe на биохимический статус организма и экзокринную деятельность поджелудочной железы на фоне скармливания белковых рационов при выращивании крупного рогатого скота. *Животноводство и кормопроизводство*. 2020; 103(3): 190–203. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-3-190>
12. Assis J.R. Chromium in performance and metabolism of dairy cows. *Scientific Electronic Archives*. 2021; 14(1): 100–107.
13. Chanda S., Paul B.N., Ghosh K., Giri S.S. Dietary essentiality of trace minerals in aquaculture-A Review. *Agricultural Reviews*. 2015; 36(2): 100–112. <https://doi.org/10.5958/0976-0741.2015.00012.4>
14. Фисинин В.И. и др. Влияние комбикормов со сниженным уровнем обменной энергии, лизина и метионина при использовании разных источников этих аминокислот на показатели неспецифического иммунитета, переваримость и использование основных питательных веществ и аминокислот мясными курами. *Птицеводство*. 2022; (10): 58–63. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-10-58-63>
15. Lashkari S., Habibian M., Jensen S.K. A Review on the Role of Chromium Supplementation in Ruminant Nutrition—Effects on Productive Performance, Blood Metabolites, Antioxidant Status, and Immunocompetence. *Biological Trace Element Research*. 2018; 186(2): 305–321. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1310-5>
16. Шейда Е.В., Лебедев С.В., Мирошников С.А., Гречкина В.В., Рязанов В.А., Шошина О.В. Изменение активности пищеварительных ферментов панкреатического сока под влиянием ультрадисперсных частиц Cr₂O₃ на фоне скармливания белковых рационов при выращивании крупного рогатого скота. *Животноводство и кормопроизводство*. 2020; 103(4): 26–36. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-4-26>

FUNDING

The reserch was carried out within the framework of a state assignment with the financial support of fundamental scientific research from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on the topic 121052600314-1.

REFERENCES

1. Samokhin V.T. Prevention of micronutrient metabolism in animals. 2nd ed. Voronezh: Voronezh State University. 2003; 136 (in Russian). ISBN 5-9273-0423-0 EDN RTXUUF
2. Kokorev V.A. et al. Optimization of mineral feeding for farm animals. *Zootekhnika*. 2004; (7): 12–16 (in Russian). EDN HRRXLJ
3. Kokorev V.A., Guryanov A.M., Gibalkina N.I. Influence of chromium on the energy of growth of the Black-and-White heifers. *Agrarian Scientific Journal*. 2020; (9): 58–60 (in Russian). <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i9pp58-60>
4. Tsis E.Yu., Duborezov V.M., Rykov R.A. The effect of different feeding levels on the productivity and metabolism of dairy cows. *Zootekhnika*. 2023; (5): 2–4 (in Russian). EDN GXNXBF
5. Bogolyubova N.V. Some aspects of antioxidant protection in the body of young cattle. *Agrarian science*. 2023; (5): 38–41 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-38-41>
6. Che D., Adams S., Wei C., Gui-Xin Q., Atiba E.M., Hailong J. Effects of Astragalus membranaceus fiber on growth performance, nutrient digestibility, microbial composition, VFA production, gut pH, and immunity of weaned pigs. *MicrobiologyOpen*. 2019; 8(5): e00712. <https://doi.org/10.1002/mbo3.712>
7. Lebedev S. et al. Use of chromium nanoparticles as a protector of digestive enzymes and biochemical parameters for various sources of fat in the diet of calves. *AIMS Agriculture and Food*. 2021; 6(1): 14–31. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2021002>
8. Shoshina O.V., Lebedev S.V., Sheyda E.V., Korneychenko V.I. Comparative analysis of the effect of different chromium forms on digestive processes in the rumen of calves. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021; 105(1): 31–38 (in Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-31>
9. Anderson G.J., Frazer D.M. Current understanding of iron homeostasis. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2017; 106(S6): 1559S–1566S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.117.155804>
10. Wodzanowski K.A., Cassel S.E., Grimes C.L., Kloxin A.M. Tools for probing host-bacteria interactions in the gut microenvironment: From molecular to cellular levels. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*. 2020; 30(10): 127116. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2020.127116>
11. Sheyda E.V., Lebedev S.V., Miroshnikov S.A., Grechkina V.V., Levakhin G.I. Influence of ultrafine Fe on biochemical status of organism and exocrine activity of pancreas against the background of feeding with protein diets in raising cattle. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020; 103(3): 190–203 (in Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-3-190>
12. Assis J.R. Chromium in performance and metabolism of dairy cows. *Scientific Electronic Archives*. 2021; 14(1): 100–107.
13. Chanda S., Paul B.N., Ghosh K., Giri S.S. Dietary essentiality of trace minerals in aquaculture-A Review. *Agricultural Reviews*. 2015; 36(2): 100–112. <https://doi.org/10.5958/0976-0741.2015.00012.4>
14. Fisinin V.I. et al. The effects of diets with keduced levels of energy, lysine, and methionine and different dietary forms of these amino acids on non-specific immunity, natural resistibility, and nutrient digestibility in broiler breeder hens. *Pitsevodstvo*. 2022; (10): 58–63 (in Russian). <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-10-58-63>
15. Lashkari S., Habibian M., Jensen S.K. A Review on the Role of Chromium Supplementation in Ruminant Nutrition—Effects on Productive Performance, Blood Metabolites, Antioxidant Status, and Immunocompetence. *Biological Trace Element Research*. 2018; 186(2): 305–321. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1310-5>
16. Sheyda E.V., Lebedev S.V., Miroshnikov S.A., Grechkina V.V., Ryzanov V.A., Shoshina O.V. Changes in the activity of digestive enzymes of pancreatic juice under the influence of ultrafine particles of Cr₂O₃ against the background of feeding with protein diets raising cattle. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020; 103(4): 26–36 (in Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-4-26>

17. Glombowsky P. *et al.* Chromium in the Diet of Dairy Calves: Benefits for Growth Performance, Feed Efficiency, Digestibility, and Health. *Biological Trace Element Research*. 2024; 202(11): 5036–5050.
<https://doi.org/10.1007/s12011-024-04063-1>
18. Stoecker B.J. Chromium absorption, safety, and toxicity. *The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine*. 1999; 12(2): 163–169.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-670X\(1999\)12:2<163::AID-JTRA13>3.0.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-670X(1999)12:2<163::AID-JTRA13>3.0.CO;2-3)
19. Havel P.J. A scientific review: the role of chromium in insulin resistance. *The Diabetes educator*. 2004; (S): 2–14
20. Soltan M.A. Effect of dietary chromium supplementation on productive and reproductive performance of early lactating dairy cows under heat stress. *Journal of animal Physiology and Animal Nutrition*. 2010; 94(2): 264–272.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2008.00913.x>
21. Yari M., Nikkhah A., Alikhani M., Khorvash M., Rahmani H., Ghorbani G.R. Physiological calf responses to increased chromium supply in summer. *Journal of Dairy Science*. 2010; 93(9): 4111–4120.
<https://doi.org/10.3168/jds.2009-2568>
22. Kafizadeh F., Shabankareh H.K., Targhibi M.R. Effect of Chromium Supplementation on Productive and Reproductive Performances and Some Metabolic Parameters in Late Gestation and Early Lactation of Dairy Cows. *Biological Trace Element Research*. 2012; 149(1): 42–49.
<https://doi.org/10.1007/s12011-012-9390-0>
23. Sadri H., Rahmani H.R., Khorvash M., Ghorbani G.R., Bruckmaier R.M. Chromium supplementation and substitution of barley grain with corn: effects on metabolite and hormonal responses in periparturient dairy cows. *Journal of animal Physiology and Animal Nutrition*. 2012; 96(2): 220–227.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01141.x>
24. Kumar M., Kaur H., Deka R.S., Mani V., Tyagi A.K., Chandra G. Dietary Inorganic Chromium in Summer-Exposed Buffalo Calves (*Bubalus bubalis*): Effects on Biomarkers of Heat Stress, Immune Status, and Endocrine Variables. *Biological Trace Element Research*. 2015; 167(1): 18–27.
<https://doi.org/10.1007/s12011-015-0272-0>
25. Bin-Jumah M. *et al.* Potential use of chromium to combat thermal stress in animals: A review. *Science of the Total Environment*. 2020; 707: 135996.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135996>
26. Shan Q., Ma F.T., Jin Y.H., Gao D., Li H.Y., Sun P. Chromium yeast alleviates heat stress by improving antioxidant and immune function in Holstein mid-lactation dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 2020; 269: 114635.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114635>
27. Sousa I.K.F. *et al.* Influence of organic chromium supplementation on the performance of beef calves undergoing weaning-related stress. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2020; 40(2): 97–101.
<https://doi.org/10.1590/1678-5150-pvb-6355>
28. Janampet R.S., Amaravathi S.C., Venkata R.D.B., Thirunahari R., Manthani G.P., Malisetty V. Effect of Dietary Chromium, Vitamin E and Selenium Supplementation on Growth Performance and Cost Economics of Holstein Friesian Calves Under Heat Stress. *Journal of Animal Research*. 2021; 11(3): 387–392.
29. Spittler A.P. *et al.* Age- and sex-associated differences in hematology and biochemistry parameters of Dunkin Hartley guinea pigs (*Cavia porcellus*). *PLOS One*. 2021; 16(7): e0253794.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253794>
30. Pasciu V., Molina-López A.M., Baralla E. Editorial: Biochemical and endocrinological parameters in animals matrices. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022; 9: 1124569.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1124569>
31. Abuelo A., Hernández J., Benedito J.L., Castillo C. Redox Biology in Transition Periods of Dairy Cattle: Role in the Health of Periparturient and Neonatal Animals. *Antioxidants*. 2019; 8(1): 20.
<https://doi.org/10.3390/antiox8010020>
32. Новгородова И.П. Методы определения концентрации кортизола у животных. *Аграрная наука*. 2024; (4): 35–43.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-35-43>
33. Keshri A. *et al.* Impact of different chromium sources on physiological responses, blood biochemicals and endocrine status of heat stress in dairy calves. *Biological Rhythm Research*. 2022; 53(1): 58–69.
<https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1628390>
34. Wysocka D., Snarska A., Sobiech P. Copper-an essential micronutrient for calves and adult cattle. *Journal of Elementology*. 2019; 24(1): 101–110.
<https://doi.org/10.5601/jelem.2018.23.2.1645>
35. Malik M.I., Jonker A., Raboisson D., Song B., Rashid M.A., Sun X. Effects of dietary chromium supplementation on blood biochemical parameters in dairy cows: A multilevel meta-analytical approach. *Journal of Dairy Science*. 2024; 107(1): 301–316.
<https://doi.org/10.3168/jds.2023-23545>
17. Glombowsky P. *et al.* Chromium in the Diet of Dairy Calves: Benefits for Growth Performance, Feed Efficiency, Digestibility, and Health. *Biological Trace Element Research*. 2024; 202(11): 5036–5050.
<https://doi.org/10.1007/s12011-024-04063-1>
18. Stoecker B.J. Chromium absorption, safety, and toxicity. *The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine*. 1999; 12(2): 163–169.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-670X\(1999\)12:2<163::AID-JTRA13>3.0.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-670X(1999)12:2<163::AID-JTRA13>3.0.CO;2-3)
19. Havel P.J. A scientific review: the role of chromium in insulin resistance. *The Diabetes educator*. 2004; (S): 2–14
20. Soltan M.A. Effect of dietary chromium supplementation on productive and reproductive performance of early lactating dairy cows under heat stress. *Journal of animal Physiology and Animal Nutrition*. 2010; 94(2): 264–272.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2008.00913.x>
21. Yari M., Nikkhah A., Alikhani M., Khorvash M., Rahmani H., Ghorbani G.R. Physiological calf responses to increased chromium supply in summer. *Journal of Dairy Science*. 2010; 93(9): 4111–4120.
<https://doi.org/10.3168/jds.2009-2568>
22. Kafizadeh F., Shabankareh H.K., Targhibi M.R. Effect of Chromium Supplementation on Productive and Reproductive Performances and Some Metabolic Parameters in Late Gestation and Early Lactation of Dairy Cows. *Biological Trace Element Research*. 2012; 149(1): 42–49.
<https://doi.org/10.1007/s12011-012-9390-0>
23. Sadri H., Rahmani H.R., Khorvash M., Ghorbani G.R., Bruckmaier R.M. Chromium supplementation and substitution of barley grain with corn: effects on metabolite and hormonal responses in periparturient dairy cows. *Journal of animal Physiology and Animal Nutrition*. 2012; 96(2): 220–227.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01141.x>
24. Kumar M., Kaur H., Deka R.S., Mani V., Tyagi A.K., Chandra G. Dietary Inorganic Chromium in Summer-Exposed Buffalo Calves (*Bubalus bubalis*): Effects on Biomarkers of Heat Stress, Immune Status, and Endocrine Variables. *Biological Trace Element Research*. 2015; 167(1): 18–27.
<https://doi.org/10.1007/s12011-015-0272-0>
25. Bin-Jumah M. *et al.* Potential use of chromium to combat thermal stress in animals: A review. *Science of the Total Environment*. 2020; 707: 135996.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135996>
26. Shan Q., Ma F.T., Jin Y.H., Gao D., Li H.Y., Sun P. Chromium yeast alleviates heat stress by improving antioxidant and immune function in Holstein mid-lactation dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 2020; 269: 114635.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114635>
27. Sousa I.K.F. *et al.* Influence of organic chromium supplementation on the performance of beef calves undergoing weaning-related stress. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2020; 40(2): 97–101.
<https://doi.org/10.1590/1678-5150-pvb-6355>
28. Janampet R.S., Amaravathi S.C., Venkata R.D.B., Thirunahari R., Manthani G.P., Malisetty V. Effect of Dietary Chromium, Vitamin E and Selenium Supplementation on Growth Performance and Cost Economics of Holstein Friesian Calves Under Heat Stress. *Journal of Animal Research*. 2021; 11(3): 387–392.
29. Spittler A.P. *et al.* Age- and sex-associated differences in hematology and biochemistry parameters of Dunkin Hartley guinea pigs (*Cavia porcellus*). *PLOS One*. 2021; 16(7): e0253794.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253794>
30. Pasciu V., Molina-López A.M., Baralla E. Editorial: Biochemical and endocrinological parameters in animals matrices. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022; 9: 1124569.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1124569>
31. Abuelo A., Hernández J., Benedito J.L., Castillo C. Redox Biology in Transition Periods of Dairy Cattle: Role in the Health of Periparturient and Neonatal Animals. *Antioxidants*. 2019; 8(1): 20.
<https://doi.org/10.3390/antiox8010020>
32. Novgorodova I.P. Methods for determining cortisol concentrations in animals. *Agrarian science*. 2024; (4): 35–43 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-35-43>
33. Keshri A. *et al.* Impact of different chromium sources on physiological responses, blood biochemicals and endocrine status of heat stress in dairy calves. *Biological Rhythm Research*. 2022; 53(1): 58–69.
<https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1628390>
34. Wysocka D., Snarska A., Sobiech P. Copper-an essential micronutrient for calves and adult cattle. *Journal of Elementology*. 2019; 24(1): 101–110.
<https://doi.org/10.5601/jelem.2018.23.2.1645>
35. Malik M.I., Jonker A., Raboisson D., Song B., Rashid M.A., Sun X. Effects of dietary chromium supplementation on blood biochemical parameters in dairy cows: A multilevel meta-analytical approach. *Journal of Dairy Science*. 2024; 107(1): 301–316.
<https://doi.org/10.3168/jds.2023-23545>

36. Moghadam S.K., Hajimohammadi A., Nazifi S., Razavi S.A., Rowshan-Ghasrodashti A. Effects of Probiotic and Chromium-Methionine on Thyroid Hormones, Total Protein, Zinc, and Weight Gain in Dairy Holstein Calves During the Weaning Period. *Iranian Journal of Veterinary Medicine*. 2020; 14(2): 177–188.
37. Habibi Z., Karimi-Dehkordi S., Kargar S., Sadeghi M. Grain source and chromium supplementation: Effects on health, metabolic status, and glucose-insulin kinetics in Holstein heifer calves. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(10): 8941–8951. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16619>
38. Kargar S., Mousavi F., Karimi-Dehkordi S. Effects of chromium supplementation on weight gain, feeding behaviour, health and metabolic criteria of environmentally heat-loaded Holstein dairy calves from birth to weaning. *Archives of Animal Nutrition*. 2018; 72(6): 443–457. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2018.1510157>
39. Mousavi F., Karimi-Dehkordi S., Kargar S., Ghaffari M.H. Effect of chromium supplementation on growth performance, meal pattern, metabolic and antioxidant status and insulin sensitivity of summer-exposed weaned dairy calves. *Animal*. 2019; 13(5): 968–974. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002318>
40. Amini M.R., Sheikhsossein F., Djafari F., Jafari A., Djafarian K., Shab-Bidar S. Effects of chromium supplementation on oxidative stress biomarkers. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*. 2023; 93(3): 241–251. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000706>
41. Morvaridzadeh M. et al. The effect of chromium intake on oxidative stress parameters: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2022; 69: 126879. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2021.126879>
42. Eshratkhah B., Nahand M.R.S., Rasoul S.P., Taj S.M.R.S., Rad H.J. Relationship between plasma thyroid hormones and some biochemical parameters in Iranian Sarabi calves. *Comparative Clinical Pathology*. 2012; 21(2): 167–171. <https://doi.org/10.1007/s00580-010-1079-1>

ОБ АВТОРАХ

Инна Петровна Новгородова¹

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
novg-inna2005@yandex.ru
<https://orchid.org/0000-0002-4617-1644>

Магомед Газиевич Чабаяев¹

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
главный научный сотрудник
chabaev.m.g-1@mail.ru
<https://orchid.org/0000-0003-1889-6063>

Роман Владимирович Некрасов²

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор
nek_roman@mail.ru.
<https://orchid.org/0000-0003-4242-2239>

Надежда Владимировна Боголюбова¹

доктор биол. наук, главный научный сотрудник
652202@mail.ru
<https://orchid.org/0000-0002-0520-7022>

¹Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», п. Дубровицы д. 60, г.о. Подольск, Московская область, 142132, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных — филиал ФНЦ им. Л.К. Эрнста, пос. Институт, Боровск, Калужская обл., 249010, Россия

36. Moghadam S.K., Hajimohammadi A., Nazifi S., Razavi S.A., Rowshan-Ghasrodashti A. Effects of Probiotic and Chromium-Methionine on Thyroid Hormones, Total Protein, Zinc, and Weight Gain in Dairy Holstein Calves During the Weaning Period. *Iranian Journal of Veterinary Medicine*. 2020; 14(2): 177–188.

37. Habibi Z., Karimi-Dehkordi S., Kargar S., Sadeghi M. Grain source and chromium supplementation: Effects on health, metabolic status, and glucose-insulin kinetics in Holstein heifer calves. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(10): 8941–8951. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16619>

38. Kargar S., Mousavi F., Karimi-Dehkordi S. Effects of chromium supplementation on weight gain, feeding behaviour, health and metabolic criteria of environmentally heat-loaded Holstein dairy calves from birth to weaning. *Archives of Animal Nutrition*. 2018; 72(6): 443–457. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2018.1510157>

39. Mousavi F., Karimi-Dehkordi S., Kargar S., Ghaffari M.H. Effect of chromium supplementation on growth performance, meal pattern, metabolic and antioxidant status and insulin sensitivity of summer-exposed weaned dairy calves. *Animal*. 2019; 13(5): 968–974. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002318>

40. Amini M.R., Sheikhsossein F., Djafari F., Jafari A., Djafarian K., Shab-Bidar S. Effects of chromium supplementation on oxidative stress biomarkers. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*. 2023; 93(3): 241–251. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000706>

41. Morvaridzadeh M. et al. The effect of chromium intake on oxidative stress parameters: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2022; 69: 126879. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2021.126879>

42. Eshratkhah B., Nahand M.R.S., Rasoul S.P., Taj S.M.R.S., Rad H.J. Relationship between plasma thyroid hormones and some biochemical parameters in Iranian Sarabi calves. *Comparative Clinical Pathology*. 2012; 21(2): 167–171. <https://doi.org/10.1007/s00580-010-1079-1>

ABOUT THE AUTHORS

Inna Petrovna Novgorodova¹

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
novg-inna2005@yandex.ru
<https://orchid.org/0000-0002-4617-1644>

Magomed Gazievich Chabaev¹

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Chief Researcher
chabaev.m.g-1@mail.ru
<https://orchid.org/0000-0003-1889-6063>

Roman Vladimirovich Nekrasov²

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Director
nek_roman@mail.ru.
<https://orchid.org/0000-0003-4242-2239>

Nadezhda Vladimirovna Bogolyubova¹

doctor of biological sciences, leading researcher
652202@mail.ru
<https://orchid.org/0000-0002-0520-7022>

¹L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 60 Dubrovitsy settlement, Podolsk, Moscow region, 142132, Russian

²All-Russia Research Institute of Animal Physiology, Biochemistry, and Nutrition — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Institute, Borovsk, Kaluga Region, 249010, Russia