

Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 1. С. 215-227.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2023. Vol. 106, no 1. P. 215-227.

Научная статья
УДК 577.17:636.5
doi: 10.33284/2658-3135-106-1-215

Влияние различных форм хрома на биохимические показатели, антиоксидантный статус организма и микробиологический состав кишечника цыплят-бройлеров

Ильмира Закиевна Губайдуллина¹, Ирина Александровна Вершинина², Анастасия Павловна Иванищева³

^{1,2,3}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹gubaidullinae@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7862-3660>

²gavrish.irina.ogu@gmail.com

³nessi255@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8264-4616>

Аннотация. В работе изучено влияние различных форм хрома (Cr), а именно: хлорида (CrCl₃), пиколината (CrPic) и ультрадисперсных частиц (УДЧ Cr) на биохимические параметры крови, антиоксидантный статус и микробиологический состав содержимого кишечника цыплят-бройлеров кросса Арбор Аикрес. В ходе исследования установлено, что УДЧ Cr и CrPic стимулируют прирост живой массы на 9,2 и 10,3 % соответственно на фоне увеличения содержания в крови метаболитов оксида азота (НО-метаболиты) на 16,4 и 17,9 % по сравнению с контрольной группой. Аналогичных изменений в группе с CrCl₃ не обнаружено. В то же время определение активности каталазы (КАТ), супероксиддисмутазы (СОД) и малинового диальдегида (МДА) показало, что скормливание УДЧ Cr и CrPic не сопряжено с окислительным стрессом. Введение CrCl₃ повышает содержание глюкозы и холестерина в крови, УДЧ Cr и CrPic, напротив, снижают их уровень. Показатели амилазы увеличиваются в группе, получавшей CrCl₃, но понижаются при добавлении CrPic. Скармливание УДЧ Cr и CrPic повышает число бифидобактерий на 24,2 и 17,7 %, а также лактобактерий – на 25 и 27 % соответственно, одновременно с уменьшением условно-патогенной микрофлоры, что особенно примечательно на фоне противоположных эффектов в группе CrCl₃. Таким образом, наиболее оптимальными формами Cr в рационе являются УДЧ и CrPic, которые можно рекомендовать для включения в состав премиксов и добавок.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кормление, рост, хром, пиколинат хрома, хлорид хрома, антиоксидантный статус

Благодарности: работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации (№ 075-15-2022-680).

Для цитирования: Губайдуллина И.З., Вершинина И.А., Иванищева А.П. Влияние различных форм хрома на биохимические показатели, антиоксидантный статус организма и микробиологический состав кишечника цыплят-бройлеров // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 1. С. 215-227. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-1-215>

Original article

Effect of various forms of chromium on biochemical parameters, the antioxidant status of the body and the microbiological composition of the intestines of broiler chickens

Ilmira Z Gubaidullina¹, Irina A Vershinina², Anastasia P Ivanishcheva³

¹Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹gubaidullinae@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7862-3660>

²gavrish.irina.ogu@gmail.com

³nessi255@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8264-4616>

Abstract. Influence of various forms of chromium (Cr), namely chloride (CrCl₃), picolinate (CrPic) and ultrafine particles (UDP Cr) on the biochemical parameters of blood, antioxidant status and

microbiological composition of the intestinal contents of broiler chickens of the *Arbor Acres* cross was studied. In the course of the study, it was found that the Cr and CrPic UDPS stimulate an increase in live weight in the experimental groups by 9.2 and 10.3%, respectively, against the background of an increase in the content of nitric oxide metabolites (NO-metabolites) in the blood by 16.4 and 17.9% compared with the control group. No similar changes were found in the group with CrCl₃. At the same time, the determination of the activity of catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD) and raspberry dialdehyde (MDA) showed that feeding Cr and CrPic to UDP is not associated with oxidative stress. The introduction of CrCl₃ increases the glucose and cholesterol levels in the blood, Cr and CrPic, on the contrary, reduce their levels. Amylase indices increased in the group receiving CrCl₃, but decreased with the addition of CrPic. In the groups with UDP Cr and CrPic, there was an increase in the number of bifidobacteria by 24.2 and 17.7%, as well as lactobacilli by 25 and 27%, respectively, simultaneously with a decrease in the number of opportunistic microflora, which is especially noteworthy against the background of opposite effects in the CrCl₃ group. Thus, the most optimal forms of Cr in the diet are: UDP and CrPic, which can be recommended for inclusion in the composition of premixes and additives.

Keywords: broiler chickens, feeding, growth, chromium, chromium picolinate, chromium chloride, antioxidant status

Acknowledgements: the work was supported by the grant of the President of the Russian Federation (No. 075-15-2022-680).

For citation: Gubaidullina IZ, Vershinina IA, Ivanishcheva AP. Influence of various forms of chromium on biochemical parameters, antioxidant status of the body and microbiological composition of the intestines of broiler chickens. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(1):215-227. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-1-215>

Введение.

Развитие нанотехнологий открывает перспективы получения и использования новых источников микроэлементов в сельском хозяйстве. Cr является необходимым элементом при обеспечении углеводного и жирового обменов, гомеостаза холестерина, обладает антиокислительным и ростостимулирующим действием (Swaroop A et al., 2019).

Недостаток Cr вызывает серьезные метаболические и продуктивные расстройства у домашней птицы, такие как гипергликемию, снижение толерантности к глюкозе, повышение циркуляции инсулина, холестерина и триглицеридов в крови, замедляет рост, а также приводит к бесплодию (Kani M et al., 2015). Считается, что Cr необходим для активации определённых ферментов и стабилизации белков и нуклеиновых кислот (Stepniowska A et al., 2020).

При сравнении биодоступности различных источников Cr органические имеют более высокую – 10-25 % степень доступности, чем неорганические – 3 % (Safwat AM et al., 2020). Подобное обстоятельство определяется лучшей растворимостью и, как следствие, большей степенью (25-30 %) всасывания в желудочно-кишечном тракте (El-Kholy MS et al., 2017).

Литературные данные свидетельствуют о том, что Cr может оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие, и до сих пор не установлены безопасные дозы и формы его введения в рационы птицы (Губайдуллина И.З. и др., 2019; Лебедев С.В. и др., 2019а; Gubajdullina IZ et al., 2019; Lebedev SV et al., 2019). Было показано, что Cr улучшает метаболизм липидов (Arif M et al., 2019), показатели роста (Hayat K et al., 2020) и иммунный статус (Lu L et al., 2019). Однако в других исследованиях сообщалось о противоположных результатах (Ognik K et al., 2020; Ghazi SH et al., 2012). Механизм антиоксидантного действия Cr до конца не изучен и требует дальнейших исследований.

Цель исследования.

Оценить влияние различных форм Cr на изменение биохимических параметров крови, антиоксидантный статус и микробиологический состав содержимого кишечника цыплят-бройлеров.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Цыплята-бройлеры кросса Арбор Айкрес.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (1987 г.; Приказ Минздрава СССР No 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Экспериментальная часть исследований была проведена в условиях вивария ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии» (ФНЦ БСТ РАН). Методом групп-аналогов из 7-суточных цыплят-бройлеров массой 160-180 г сформировали 4 группы: одну – контрольную и три – опытные. Контрольная группа получала рацион, составленный по рекомендациям ВНИТИП (Салеева И.П. и др., 2015). В I опытную группу в период 8-42 сут дополнительно к основному рациону включали CrCl₃, во II – УДЧ Cr и в III – CrPic. Контрольный убой был проведён на 42 сутки эксперимента.

Дозировка 100 мкг/кг корма выбрана с учётом ранее проведённого эксперимента по оценке биологического действия различных источников Cr, где был получен положительный эффект влияния на рост и биохимические показатели цыплят-бройлеров (Лебедев С.В и др., 2019б).

С целью оценки качественного и количественного состава микробиоценоза отбирали образцы содержимого слепой кишки в стерильные пробирки Эппендорф в день убоя. Далее по 0,1 мл каждого из 10-кратных разведений высевали на питательные среды по стандартной методике (Газиумарова Л.Д. и др., 2010). Окончательный результат количественного содержания бактерий в грамме фекалий выражали как КОЕ/г.

Все эксперименты проводили в 3-кратной повторности.

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены на лабораторном оборудовании в ЦКП БСТ РАН <http://цкп-бст.рф>. Биохимические показатели крови – на анализаторе CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd», Китай) с использованием наборов ДиаВетТест (Россия). Определение перекисей липидов МДА осуществлялись в тесте с тиобарбитуровой кислотой. Активность СОД, КАТ в крови проводились спектрофотометрическим методом на Stat fax 1904 Plus («Awareness Technology», США). Уровень NO-метаболитов определялся спектрофотометрическим методом с реактивом Грисса на микропланшетном анализаторе Infinite PRO F200 (TECAN, Австрия) при длине волны 540 нм (Мажитова М.В., 2011).

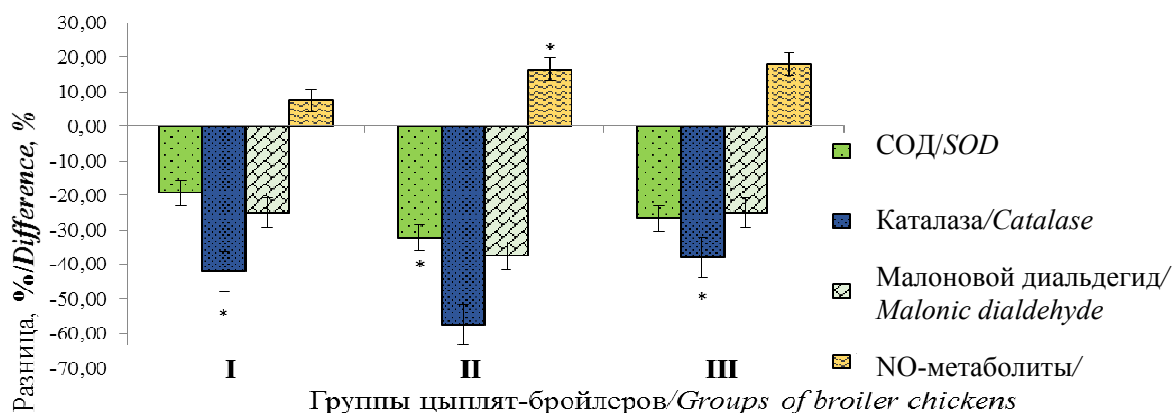
В работе использованы Эндо-агар (ООО НИЦФ, Россия) – для энтеробактерий с нормальной ферментативной активностью и условно-патогенных лактозонегативных энтеробактерий; мясо-пептонный агар (МПА) (ООО НИЦФ, Россия) – для аэробной флоры; Рогоза-агар (Himedia, Индия) – для лактобактерий; Бифидо-агар – для молочнокислых (бифидобактерии) бактерий (Himedia, Индия); желточно-солевой агар (ЖСА) (ООО НИЦФ, Россия) – для подсчёта стафилококков; ВСА-агар – для патогенных сальмонелл (Himedia, Индия). Весы лабораторные электронные MB210-A («Sartorius», Германия; свидетельство о поверке № 12/2414-2017 от 29.08.2017 до 28.08.2018); стерилизатор паровой ВК-30-01 («Фармстандарт-Медтехника», Россия; техническое освидетельствование до 2022г.); термостат электрический суховоздушный ТС-1/80 СПУ («Смоленское СКТБ СПУ», Россия; Аттестат поверки №13/368-2017 от 20.10.2017 до 19.10.2018г); бокс абактериальной воздушной среды БАВп-01 «Ламинар-С» («Lamsystems», Россия; спиртовая горелка для пламенной обработки в микробиологическом анализе.

Статистическая обработка. Полученные данные обрабатывали с использованием программного пакета «Statistica 10.0» («StatSoft Inc.», США) и «Microsoft Excel» («Microsoft», США). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на $p \leq 0,05$.

Результаты исследования.

Введение в рацион цыплят-бройлеров УДЧ и CrPic стимулировало прирост живой массы на 9,2 % и 10,3 %, а также увеличило содержание NO-метаболитов на 16,4 и 17,9 % по сравнению с контрольной группой.

Включение в рацион различных форм Cr не вызвало окислительного стресса у цыплят-бройлеров, о чём свидетельствуют показатели КАТ, СОД и МДА. Активность СОД в крови имеет тенденцию к снижению во всех группах с предельно низким значением во II группе на 31,1 % относительно контроля. Уровень активности КАТ был ниже на 57,3 % при внесении в рацион УДЧ Cr (рис. 1).

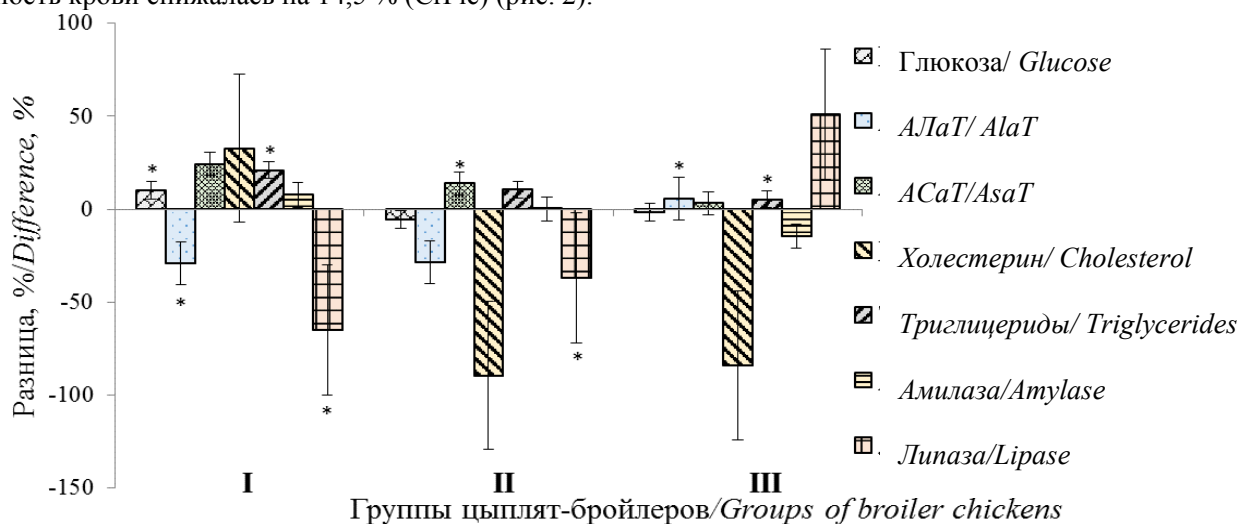


Примечание: * – различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$
 Note: * – differences with the control are significant at $p \leq 0.05$

Рис. 1 – Разница активности КАТ, СОД, МДА и NO-метаболитов в крови цыплят-бройлеров опытных групп, при сравнении с контрольной, %
Figure 1 – Difference (%) in the activity of CAT, SOD, MDA and NO-metabolites in the blood of broiler chickens, experimental groups when compared with the control, %

Включение в рацион CrPic сопровождалось повышением активности сывороточных аланинаминотрансферазы (АЛат) и аспартатаминотрансферазы (АСат) на 5,5 % и 3,1 % по сравнению с контролем. Снижение уровня глюкозы наблюдалось в группах, получавших УДЧ (на 5,5 %) и CrPic (на 1,7 %). В I опытной группе отмечается увеличение глюкозы в крови на 10 %.

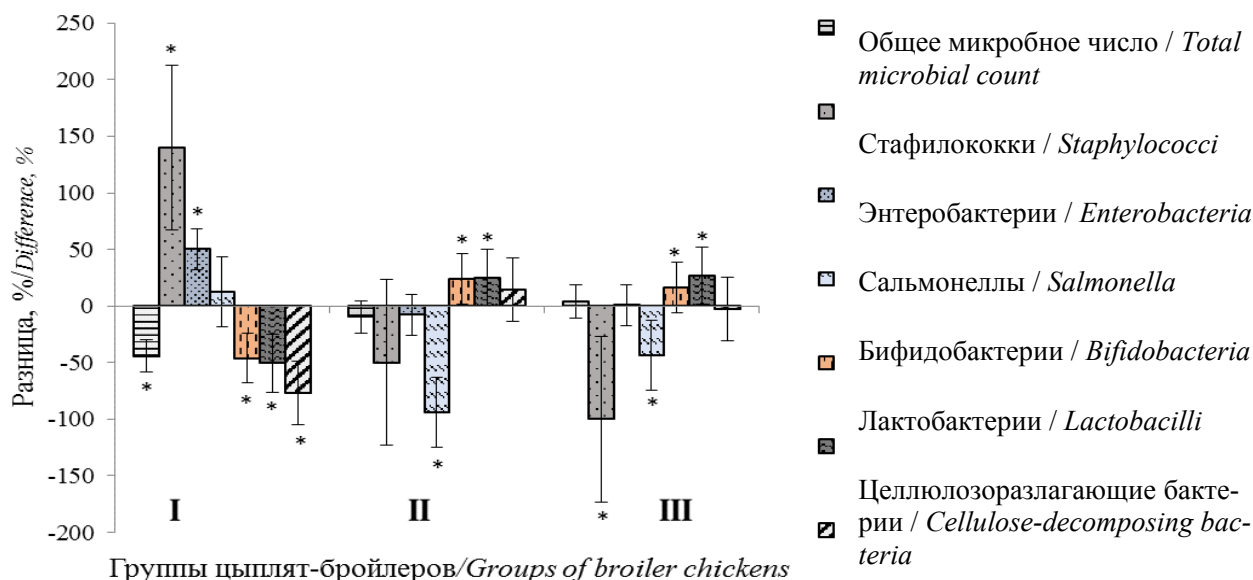
Маркером липидного и энергетического обменов является уровень триглицеридов в крови. Так, при введении в рацион CrCl₃ их значение было больше на 21 % по сравнению с контролем. У цыплят-бройлеров, получавших в составе рациона УДЧ и CrPic, содержание холестерина было ниже, чем у их аналогов в контрольной группе на 89,3 % и 84 % соответственно. Амилолитическая активность крови снижалась на 14,5 % (CrPic) (рис. 2).



Примечание: * – различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$
 Note: * – differences with the control are significant at $p \leq 0.05$

Рис. 2 – Разница биохимических показателей крови цыплят-бройлеров опытных групп, при сравнении с контрольной, %
Figure 2 – Difference in blood biochemical parameters broiler chickens, experimental groups when compared with the control, %

При изучении микрофлоры содержимого слепой кишки цыплят-бройлеров были получены следующие результаты (рис. 3).



Примечание: * – различия с контролем достоверны при $P \leq 0,05$
 Note: * – differences with the control are significant at $P \leq 0.05$

Рис. 3 – Разница численности групп микроорганизмов содержимого слепой кишки цыплят-бройлеров, опытных групп при сравнении с контрольной, %
Figure 3 – Difference in the number of groups of microorganisms of the contents of the cecum of broiler chickens, experimental groups when compared with the control, %

В группе с внесением в рацион CrCl_3 по сравнению с контролем наблюдалось уменьшение общего микробного числа (на 46,0 %), бифидобактерий (на 44 %), лактобактерий (на 49 %) и целлюлозоразлагающих микроорганизмов (на 77 %). В то же время в данной группе было отмечено увеличение численности стафилококков и энтеробактерий (на 143 % и 51 %) по сравнению с контролем. Количество стафилококков снижалось в группе, получавшей CrPic , на 50 %. Количество сальмонелл понижалось на 95,5 % и 47,6 % по сравнению с контролем в группах, получавших УДЧ и CrPic . В образцах содержимого кишечника птиц с рационом, включающим УДЧ и CrPic , количество бифидобактерий повышалось на 24,2 % и 17,7 %. Количество лактобактерий повышалось в группах, получавших УДЧ и CrPic , на 25 % и 27 % соответственно.

Таким образом, добавление в рацион цыплят-бройлеров CrCl_3 снижало число нормальной микрофлоры кишечника и приводило к увеличению условно-патогенных групп бактерий (стафилококки, энтеробактерии и сальмонеллы), что является неблагоприятным прогностическим признаком. В свою очередь, включение в рацион УДЧ и CrPic повышало число бифидо- и лактобактерий, которые являются представителями нормальной микрофлоры кишечника с одновременным уменьшением числа условно-патогенной микрофлоры.

Обсуждение полученных результатов.

Известно, что корма растительного происхождения бедны хромом, поэтому можно предположить, что цыплята-бройлеры могут испытывать дефицит Cr . CrPic часто использовался в качестве кормовой добавки (Kurnianto E, 2022; Zheng C et al., 2016). Некоторые исследователи установили положительное влияние CrPic на ростовые показатели цыплят-бройлеров (Feng C et al., 2021; Najjalizadeh F et al., 2017). Благоприятное действие Cr особенно заметно в условиях экологического и диетического стресса (Huang Y et al., 2016; Tawfeek SS et al., 2014). В наших исследованиях при

добавлении в корм Cr в различной форме было установлено увеличение живой массы цыплят-бройлеров, что согласуется с утверждением Feng C с коллегами (2021). Однако некоторые результаты экспериментов показали обратное, предполагая, что добавка CrPic не влияет на показатели их роста (Akbari M and Torki M, 2014, Berenjian A et al., 2018).

Антиоксидантные ферментные системы, такие как СОД и КАТ, удаляют избыток свободных радикалов и защищают от окислительного повреждения, тем самым поддерживая общее состояние здоровья домашней птицы (Xu J et al., 2015). МДА является основным побочным продуктом перекисного окисления липидов, и его концентрация в сыворотке косвенно указывает на степень клеточного перекисного окисления липидов и накопление активных форм кислорода (Attia YA et al., 2018). В настоящем исследовании низкая концентрация МДА в сыворотке у птиц, получавших УДЧ Cr, свидетельствует о меньшей степени перекисного окисления липидов и сопутствующем снижении количества свободных радикалов.

Высокая биологическая активность УДЧ Cr является следствием малого размера, благодаря чему они легко проникают через клеточную мембрану и могут влиять на компоненты клетки и их функции (Sembratowicz I et al., 2018). По сравнению с другими формами УДЧ Cr лучше усваивается в пищеварительном тракте (Zha L et al., 2007).

Скармливание органического Cr снижало концентрацию глюкозы, общего холестерина, триглицеридов и кортизола в сыворотке крови, процентное содержание абдоминального жира, увеличивало относительную массу органов что свидетельствует о его благотворном влиянии на здоровье птиц (Valera M et al., 2021).

Было проведено несколько исследований для оценки влияния добавок Cr на организм цыплят-бройлеров при условиях теплового стресса. Наблюдалось максимальное снижение концентрации холестерина при тяжёлых состояниях теплового стресса. Кроме того, дополнительный Cr вызывал значительное линейное снижение концентрации триглицеридов и глюкозы в крови (Piray A et al., 2022).

Добавки хрома увеличивали скорость роста, иммунную функцию и антиоксидантную систему, при одновременном снижении перекисного окисления липидов, содержания холестерина и жира, у птиц, подвергшихся тепловому стрессу. Следовательно, добавки Cr могут быть рекомендованы в качестве стратегии питания, в том числе для нивелирования негативных последствий теплового стресса (Dalólio FS et al., 2018).

При внесении в рацион УДЧ и CrPic наблюдается уменьшение содержания холестерина и глюкозы по отношению к контролю. Уровень триглицеридов в группе с CrCl₃ по сравнению с контролем был выше на 21 %. Подобный результат получен при различных уровнях Cr в рационах бройлеров (El-Kholy MS et al., 2017). Также обнаружено, что добавки хрома заметно снижают концентрацию глюкозы в крови у японских перепелов (Sahin K et al., 2001).

При изучении микрофлоры содержимого слепой кишки цыплят-бройлеров установлено снижение микробного числа в группе с CrCl₃ на 44,0 % на фоне увеличения количества стафилококков и энтеробактерий на 143,0 % и 51 % соответственно. Кроме того, в группе с добавлением CrCl₃ количество сальмонелл было выше контрольных значений, а число бифидо-, лактобактерий и целлюлозолитиков уменьшалось. Число сальмонелл уменьшалось в группе, получавших УДЧ Cr, на 95,5 %. Вместе с тем количество бифидобактерий повысилось в группе, получавшей УДЧ и CrPic, на 24,2 % и 17,7 % соответственно, по сравнению с контролем.

Результаты исследований показали, снижение разнообразия и изменение основных компонентов в бактериальном сообществе кишечника цыплят-бройлеров, вызванное Cr. Длительное воздействие Cr резко снижает микробное разнообразие кишечника и вызывает кишечно-микробный дисбиоз (Li A et al., 2021; Yao Q et al., 2019).

Введение в рацион CrPic снижает численность некоторых условно-патогенных микроорганизмов (Enterobacteriaceae, E. coli, Staphylococcus) в слепой кишке птиц (Yadav S and Jha R, 2019). Вероятно, подобный результат определился высокой биодоступностью CrPic, что, несомненно, отразилось на микробиологическом сообществе с проявлением избирательного бактериостатиче-

ского действия (Saracila M et al., 2020). Cr в форме разноразмерных частиц может избирательно стимулировать рост полезных бактерий, таких как *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*, и следовательно, изменять микробиоту кишечника (Tzonuis X et al., 2008; Gwiazdowska D et al., 2015; Lipiński K et al., 2017). Возможно, некоторые микроорганизмы способны использовать продукты окислительно-восстановительных реакций в качестве питательных субстратов (Ghorbani MR et al., 2014). В конкретном случае лактобактерии могут метаболизировать фенольные соединения, поставляющие энергию клеткам и положительно влияющие на метаболизм бактерий (Garcia-Ruiz A et al., 2008).

Заключение.

Включение хрома в рацион в виде УДЧ и CrPic стимулирует прирост живой массы цыплят-бройлеров. Соединения Cr обладают антиоксидантной активностью, о чем свидетельствуют показатели КАТ, СОД и МДА.

Данные биохимического анализа сыворотки крови показывают, что разные формы Cr оказывают влияние на их значение. Так, введение CrCl₃ и УДЧ Cr приводят к снижению АЛат и липазы, а CrPic напротив сопровождается повышением этих же показателей. Уровень триглицерида и АСаТ достоверно увеличивается во всех группах. При скормливания CrCl₃ возрастает содержание глюкозы, а при УДЧ и CrPic, снижается ее уровень.

Добавление в рацион цыплят-бройлеров CrCl₃ снижало численность нормальной микрофлоры кишечника с увеличением условно-патогенных групп бактерий (стафилококки, энтеробактерии и сальмонеллы). В свою очередь, использование в рационе УДЧ Cr и CrPic сопровождалось повышением числа бифидо- и лактобактерий, с одновременным уменьшением числа условно-патогенной микрофлоры. Таким образом, наиболее оптимальными формами Cr в рационе являются: УДЧ и CrPic, которые можно рекомендовать для включения в состав премиксов и добавок. При этом, результаты эксперимента подтверждают необходимость дальнейших исследований по изучению влияния различных форм Cr в питании цыплят-бройлеров.

Список источников

1. Биологические эффекты, связанные с поступлением в организм цыплят-бройлеров наночастиц хрома в разной дозировке / С.В. Лебедев, И.А. Гавриш, И.З. Губайдуллина, С.В. Шабунин // Сельскохозяйственная биология. 2019а. Т. 54. № 4. С. 820-831. [Lebedev SV, Gavrish IA, Gubajdullina IZ, Shabunin SV. Effects caused by different doses of dietary chromium nanoparticles fed to broiler chickens. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]. 2019a;54(4):820-831. (In Russ.)]. doi: 10.15389/agrobology.2019.4.820rus doi: 10.15389/agrobology.2019.4.820eng
2. Влияние хромсодержащих ультрадисперсных частиц на морфофункциональные особенности организма цыплят-бройлеров / С.В. Лебедев, И.З. Губайдуллина, И.А. Вершинина, А.М. Макаева, И.В. Маркова, Т.А. Климова, Т.П. Богадица, С.Л. Соколай // Животноводство и кормопроизводство. 2019б. Т. 102. № 4. С. 23-32. [Lebedev SV, Gubaidullina IZ, Vershinina IA, Makaeva AM, Markova IV, Klimova TA, Bogaditsa TP, Sokolay SL. The effect of chromium-containing ultrafine particles on the morphofunctional characteristics of organism of broiler chickens. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019b;102(4):23-32. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-23
3. Газиумарова Л.Д., Титов Л.П., Ключко Н.Л. Бактериологическая диагностика дисбактериоза кишечника: инструкция по применению. Минск, 2010. 18 с. [Gaziumarova LD, Titov LP, Klyuiko NL. Bacteriological diagnostics of intestinal dysbiosis: instructions for use. Minsk; 2010:18 p. (In Russ.)].
4. Мажитова М.В. Спектрофотометрическое определение уровня метаболитов монооксида азота в плазме крови и ткани мозга белых крыс // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 3. [Mazhitova MV. Spectrophotometric determination of the level of nitrogen monoxide metabolites in the blood plasma and brain tissue of white rats. 2011;3. (In Russ.)]. URL: www.science-education.ru/97-4655

5. Методика проведения исследований по технологии производства яиц и мяса птицы: метод. указания / И.П. Салеева, В.П. Лысенко, В.Г. Шоль и др.; отв. ред. В.С. Лукашенко и А.Ш. Кавтарашвили. Сергиев Посад, 2015. 103 с. [Saleeva IP, Lysenko VP, Shol VG et al. Metodika provedeniya issledovaniy po tekhnologii proizvodstva yaits i myasa ptitsy: metod. ukazaniya. отв. red. Lukashenko VS. i Kavtarashvili ASH. Sergiev Posad; 2015:103 p. (*In Russ.*)].
6. Морфо-биохимические показатели цыплят-бройлеров при использовании наночастиц хрома / И.З. Губайдуллина, И.А. Гавриш, С.В. Лебедев, И.В. Маркова // Ветеринария и кормление. 2019. № 1. С. 6-9. [Gubaidullina IZ, Gavrish IA, Lebedev SV, Markova IV. Morphological and biochemical indicators of broiler chickens when using chromium nanoparticles. Veterinaria i kormlenie. 2019;1:6-9. (*In Russ.*)]. doi: 10.30917/АТТ-VK-1814-9588-2019-1-2
7. Akbari M, Torki M. Effects of dietary chromium picolinate and peppermint essential oil on growth performance and blood biochemical parameters of broiler chicks reared under heat stress conditions. *Int J Biometeorol.* 2014;58(6):1383-1391. doi: 10.1007/s00484-013-0740-1
8. Arif M, Hussain I, Mahmood MA, Abd El-Hack ME, Swelum AA, Alagawany M, et al. Effect of varying levels of chromium propionate on growth performance and blood biochemistry of broilers. *Animals.* 2019;9(11):935. doi: 10.3390/ani9110935
9. Attia YA, Bakhshwain AAS, Bertu NK. Utilisation of thyme powder (*Thyme vulgaris* L.) as a growth promoter alternative to antibiotics for broiler chickens raised in a hot climate. *Eur Poult Sci.* 2018;82:15. doi: 10.1399/eps.2018.238
10. Berenjian A, Sharifi SD, Mohammadi-Sangcheshmeh A, Ghazanfari S. Effect of chromium nanoparticles on physiological stress induced by exogenous dexamethasone in Japanese quails. *Biol Trace Elem Res.* 2018;184(2):474-481. doi: 10.1007/s12011-017-1192-y
11. Dalólio FS, Albino LFT, Silva JN, Campos PHRF, Lima HJD, Moreira J, Ribeiro Jr V. Dietary chromium supplementation for heat-stressed broilers. *World Poult Sci J.* 2018;74(1):101-116. doi: 10.1017/S0043933917001064
12. El-Kholy MS, El-Hindawy MM, Alagawany M, Abd El-Hack ME, El-Sayed SAA. Dietary supplementation of chromium can alleviate negative impacts of heat stress on performance, carcass yield, and some blood hematology and chemistry indices of growing Japanese quail. *Biological Trace Element Research.* 2017;179:148-157. doi: 10.1007/s12011-017-0936-z
13. Feng C, Wuren Q, Zhang X, Sun X, Na Q. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on broiler growth performance: A meta-analysis. *PLoS ONE.* 2021;16(4):e0249527. doi: 10.1371/journal.pone.0249527
14. Garcia-Ruiz A, Bartolome B, Martinez-Rodriguez AJ, Puello E, Martin-Alvarez PJ, Moreno-Arribas MV. Potential of phenolic compounds for controlling lactic acid bacteria growth in wine. *Food Control.* 2008;19(9):835-841. doi: 10.1016/j.foodcont.2007.08.018
15. Ghazi Sh, Habibian M, Moeini MM, Abdolmohammadi AR. Effects of different levels of organic and inorganic chromium on growth performance and immunocompetence of broilers under heat stress. *Biol Trace Elem Res.* 2012;146:309-317. doi: 10.1007/s12011-011-9260-1
16. Ghorbani MR, Bojarpur M, Mayahi M, Fayazi J, Fate-mitabatabaei R, Tabatabaei S, Zulkifli I. Short communication. Effects of purslane extract on performance, immunity responses and cecal microbial population of broiler chickens. *Span J Agric Res.* 2014;12(4):1094-1098. doi: 10.5424/sjar/2014124-5483
17. Gubajduullina IZ, Gavrish IA, Lebedev SV. Effect of metallic nanoparticles on exchange of chemical elements in broiler chickens. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.* 2019;341:012169. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012169
18. Gwiazdowska D, Juś K, Jasnowska-Małecka J, Kluczyńska K. The impact of polyphenols on *Bifidobacterium*. *Acta Biochim Pol.* 2015; 62(4): 895-901. doi: 10.18388/abp.2015_1154
19. Hajjalizadeh F, Ghahri H, Talebi A. Effects of supplemental chromium picolinate and chromium nanoparticles on performance and antibody titers of infectious bronchitis and avian influenza of broiler chickens under heat stress condition. *Vet Res Forum.* 2017;8(3):259-264.

20. Hayat K, Bodinga BM, Han D, Yang X, Sun Q, Aleya L, et al. Effects of dietary inclusion of chromium propionate on growth performance, intestinal health, immune response and nutrient transporter gene expression in broilers. *Sci Total Environ.* 2020;705:135869. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135869
21. Huang Y, Yang J, Xiao F, Lloyd K, Lin X. Effects of supplemental chromium source and concentration on growth performance, carcass traits, and meat quality of broilers under heat stress conditions. *Biol Trace Elem Res.* 2016;170(1):216-223. doi: 10.1007/s12011-015-0443-z
22. Kani MM. The effects of different sources of organic and inorganic chromium on blood parameters of broiler chickens. *Indian Journal of Science and Technology.* 2015;8(28):1-7. doi: 10.17485/ijst/2015/v8i28/82778
23. Kurnianto E. Chromium picolinate feed supplement and composition of meat in bird. *Asia-Africa Journal of Agriculture.* 2022;1:141-150.
24. Lebedev S, Gavriš I, Gubajdullina I, Shejda E. The use of nanoparticles in feeding and their effect on the morphological and physiological parameters of broilers. In: 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019: Conference proceedings, Albena, 30 June - 6 July; Bulgaria, Sofia: STEF92 Technology Ltd., 2019;19:1011-1018. doi: 10.5593/sgem2019/6.1/S25.130
25. Li A, Ding J, Shen T, Han Z, Zhang J, Abadeen ZU, Kulyar MF-e-A, Wang X, Li K. Environmental hexavalent chromium exposure induces gut microbial dysbiosis in chickens. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 2021;227:112871 doi: 10.1016/j.ecoenv.2021.112871
26. Lipiński K, Mazur M, Antoszkiewicz Z, Purwin C. Polyphenols in monogastric nutrition - a review. *Ann Anim Sci.* 2017;17(1):41-58. doi: 10.1515/aoas-2016-0042
27. Lu L, Zhao LL, Dong SY, Liao XD, Dong XY, Zhang LY, et al. Dietary supplementation of organic or inorganic chromium modulates the immune responses of broilers vaccinated with Avian Influenza virus vaccine. *Animal.* 2019;13(5):983-991. doi: 10.1017/S1751731118002379
28. Ognik K, Dražbo A, Stępniewska A, Kozłowski K, Listos P and Jankowski J. The effect of chromium nanoparticles and chromium picolinate in broiler chicken diet on the performance, redox status and tissue histology. *Anim Feed Sci Technol.* 2020;259:114326. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2019.114326
29. Piray A, Foroutanifar S. Chromium supplementation on the growth performance, carcass traits, blood constituents, and immune competence of broiler chickens under heat stress: a systematic review and dose–response meta-analysis. *Biol Trace Elem Res.* 2022;200:2876-2888. doi: 10.1007/s12011-021-02885-x
30. Safwat AM, Elnaggar AS, Elghalid OA, EL-Tahawy WS. Effects of different sources and levels of dietary chromium supplementation on performance of broiler chicks. *Anim Sci J.* 2020;91(1):e13448. doi: 10.1111/asj.13448
31. Sahin K, Kuçuk O, Sahin N. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on performance and plasma concentrations of insulin and corticosterone in laying hens under low ambient temperature. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 2001;85(5-6):142-147. doi: 10.1046/j.1439-0396.2001.00314.x
32. Saracila M, Panaite TD, Tabuc C, Soica C, Untea A, Varzaru I, Wojdyło A, Criste RD. Maintaining intestinal microflora balance in heat-stressed broilers using dietary creeping wood sorrel (*Oxalis corniculata*) powder and chromium (chromium picolinate). *Spanish Journal of Agricultural Research.* 2020;18(3):e0612. doi: 10.5424/sjar/2020183-16146
33. Sembratowicz I, Ognik K. Evaluation immunotropic activity of gold nanocolloid in chickens. *J Trace Elem Med Biol.* 2018;47:98-103. doi: 10.1016/j.jtemb.2018.02.006
34. Stępniewska A, Dražbo A, Kozłowski K, Ognik K, Jankowski J. The effect of chromium nanoparticles and chromium picolinate in the diet of chickens on levels of selected hormones and tissue antioxidant status. *Animals.* 2020;10(1):45. doi: 10.3390/ani10010045
35. Swaroop A, Bagchi M, Preuss HG, Zafra-Stone S, Ahmad T, Bagchi D. Chapter 8. Benefits of chromium (III) complexes in animal and human health. In: Vincent JB, editor. *The nutritional biochemistry of chromium (III)*. 2nd ed. Elsevier; 2019:251-278. doi: 10.1016/B978-0-444-64121-2.00008-8

36. Tawfeek SS, Hassanin KMA, Youssef IMI. The effect of dietary supplementation of some antioxidants on performance, oxidative stress, and blood parameters in broilers under natural summer conditions. *J World's Poult Res.* 2014;4(1):10-19.
37. Tzonuis X, Vulevic J, Kuhnle GGC, George T, Leonczak J, Gibson GR, Kwik-Urbe C, Spencer JPE. Flavanol monomer-induced changes to the human faecal microflora. *Br J Nutr.* 2008;99(4):782-792. doi: 10.1017/S0007114507853384
38. Valera M, Casasola R, Gutiérrez O, Sánchez-Chiprés DR, Mireles S. Effects of supplementation with a novel organic chromium product on metabolic and physiological indicators of broilers. *J Anim Health Prod.* 2021;9(1):13-21. doi: 10.17582/journal.jahp/2021/9.1.13.21
39. Xu J, Zhao Q, Qu Y, Ye F. Antioxidant activity and anti-exercise-fatigue effect of highly denatured soybean meal hydrolysate prepared using neutrase. *J Food Sci Technol.* 2015;52:1982-1992. doi: 10.1007/s13197-013-1220-7
40. Yadav S, Jha R. Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. *J Anim Sci Biotechnol.* 2019;10(1):2. doi: 10.1186/s40104-018-0310-9
41. Yao Q, Yang H, Wang X, Wang H. Effects of hexavalent chromium on intestinal histology and microbiota in *Bufo gargarizans* tadpoles. *Chemosphere.* 2019;216:313-323. doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.10.147
42. Zha L, Xu Z, Wang M, Gu L. Effects of chromium nanoparticle dosage on growth, body composition, serum hormones and tissue chromium in Sprague-Dawley rats. *J Zhejiang Univ Sci B.* 2007;8(5):323-30. doi: 10.1631/jzus.2007.B0323
43. Zheng C, Huang Y, Xiao F, Lin X, Lloyd K. Effects of supplemental chromium source and concentration on growth, carcass characteristics, and serum lipid parameters of broilers reared under normal conditions. *Biol Trace Elem Res.* 2016;169(2):352-358. doi: 10.1007/s12011-015-0419-z

References

1. Lebedev SV, Gavrish IA, Gubajdullina IZ, Shabunin SV. Effects caused by different doses of dietary chromium nanoparticles fed to broiler chickens. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology].* 2019a;54(4):820-831. doi: 10.15389/agrobiology.2019.4.820rus
doi: 10.15389/agrobiology.2019.4.820eng
2. Lebedev SV, Gubaidullina IZ, Vershinina IA, Makaeva AM, Markova IV, Klimova TA, Bogaditsa TP, Sokolay SL. The effect of chromium-containing ultrafine particles on the morphofunctional characteristics of organism of broiler chickens. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2019b;102(4):23-32. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-23
3. Gaziurmarova LD, Titov LP, Klyuiko NL. Bacteriological diagnostics of intestinal dysbiosis: instructions for use. Minsk; 2010:18 p.
4. Mazhitova MV. Spectrophotometric determination of the level of nitrogen monoxide metabolites in the blood plasma and brain tissue of white rats. 2011;3. URL: www.science-education.ru/97-4655
5. Saleeva IP, Lysenko VP, Shol' VG et al. Methodology for conducting research on the technology of eggs and poultry meat production: methodological guidelines. Lukashenko VS and Kavtarashvili AS are responsible editors. Sergiev Posad, 2015; 103 p.
7. Gubaidullina IZ, Gavrish IA, Lebedev SV, Markova IV. Morphological and biochemical indicators of broiler chickens when using chromium nanoparticles. *Veterinary and Nutrition.* 2019;1:6-9. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-1-2
8. Akbari M, Torki M. Effects of dietary chromium picolinate and peppermint essential oil on growth performance and blood biochemical parameters of broiler chicks reared under heat stress conditions. *Int J Biometeorol.* 2014;58(6):1383-1391. doi: 10.1007/s00484-013-0740-1

9. Arif M, Hussain I, Mahmood MA, Abd El-Hack ME, Swelum AA, Alagawany M, et al. Effect of varying levels of chromium propionate on growth performance and blood biochemistry of broilers. *Animals*. 2019;9(11):935. doi: 10.3390/ani9110935
10. Attia YA, Bakhawain AAS, Bertu NK. Utilisation of thyme powder (*Thyme vulgaris* L.) as a growth promoter alternative to antibiotics for broiler chickens raised in a hot climate. *Eur Poult Sci*. 2018;82:15. doi: 10.1399/eps.2018.238
11. Berenjjan A, Sharifi SD, Mohammadi-Sangcheshmeh A, Ghazanfari S. Effect of chromium nanoparticles on physiological stress induced by exogenous dexamethasone in Japanese quails. *Biol Trace Elem Res*. 2018;184(2):474-481. doi: 10.1007/s12011-017-1192-y
12. Dalólio FS, Albino LFT, Silva JN, Campos PHRF, Lima HJD, Moreira J, Ribeiro Jr V. Dietary chromium supplementation for heat-stressed broilers. *World Poult Sci J*. 2018;74(1):101-116. doi: 10.1017/S0043933917001064
13. El-Kholy MS, El-Hindawy MM, Alagawany M, Abd El-Hack ME, El-Sayed SAA. Dietary supplementation of chromium can alleviate negative impacts of heat stress on performance, carcass yield, and some blood hematology and chemistry indices of growing Japanese quail. *Biological Trace Element Research*. 2017;179:148-157. doi: 10.1007/s12011-017-0936-z
14. Feng C, Wuren Q, Zhang X, Sun X, Na Q. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on broiler growth performance: A meta-analysis. *PLoS ONE*. 2021;16(4):e0249527. doi: 10.1371/journal.pone.0249527
15. Garcia-Ruiz A, Bartolome B, Martinez-Rodriguez AJ, Puello E, Martin-Alvarez PJ, Moreno-Arribas MV. Potential of phenolic compounds for controlling lactic acid bacteria growth in wine. *Food Control*. 2008;19(9):835-841. doi: 10.1016/j.foodcont.2007.08.018
16. Ghazi Sh, Habibian M, Moeini MM, Abdolmohammadi AR. Effects of different levels of organic and inorganic chromium on growth performance and immunocompetence of broilers under heat stress. *Biol Trace Elem Res*. 2012;146:309-317. doi: 10.1007/s12011-011-9260-1
17. Ghorbani MR, Bojarpur M, Mayahi M, Fayazi J, Fate-mitabatabaei R, Tabatabaei S, Zulkifli I. Short communication. Effects of purslane extract on performance, immunity responses and cecal microbial population of broiler chickens. *Span J Agric Res*. 2014;12(4):1094-1098. doi: 10.5424/sjar/2014124-5483
18. Gubajdullina IZ, Gavrish IA, Lebedev SV. Effect of metallic nanoparticles on exchange of chemical elements in broiler chickens. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2019;341:012169. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012169
19. Gwiazdowska D, Juś K, Jasnowska-Małecka J, Kluczyńska K. The impact of polyphenols on *Bifidobacterium*. *Acta Biochim Pol*. 2015; 62(4): 895-901. doi: 10.18388/abp.2015_1154
20. Hajjalizadeh F, Ghahri H, Talebi A. Effects of supplemental chromium picolinate and chromium nanoparticles on performance and antibody titers of infectious bronchitis and avian influenza of broiler chickens under heat stress condition. *Vet Res Forum*. 2017;8(3):259-264.
21. Hayat K, Bodinga BM, Han D, Yang X, Sun Q, Aleya L, et al. Effects of dietary inclusion of chromium propionate on growth performance, intestinal health, immune response and nutrient transporter gene expression in broilers. *Sci Total Environ*. 2020;705:135869. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135869
22. Huang Y, Yang J, Xiao F, Lloyd K, Lin X. Effects of supplemental chromium source and concentration on growth performance, carcass traits, and meat quality of broilers under heat stress conditions. *Biol Trace Elem Res*. 2016;170(1):216-223. doi: 10.1007/s12011-015-0443-z
23. Kani MM. The effects of different sources of organic and inorganic chromium on blood parameters of broiler chickens. *Indian Journal of Science and Technology*. 2015;8(28):1-7. doi: 10.17485/ijst/2015/v8i28/82778
24. Kurnianto E. Chromium picolinate feed supplement and composition of meat in bird. *Asia-Africa Journal of Agriculture*. 2022;1:141-150.
25. Lebedev S, Gavrish I, Gubajdullina I, Shejda E. The use of nanoparticles in feeding and their effect on the morphological and physiological parameters of broilers. In: 19th International Multidiscipli-

nary Scientific GeoConference SGEM 2019: Conference proceedings, Albena, 30 June - 6 July; Bulgaria, Sofia: STEF92 Technology Ltd., 2019;19:1011-1018. doi: 10.5593/sgem2019/6.1/S25.130

26. Li A, Ding J, Shen T, Han Z, Zhang J, Abadeen ZU, Kulyar MF-e-A, Wang X, Li K. Environmental hexavalent chromium exposure induces gut microbial dysbiosis in chickens. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2021;227:112871 doi: 10.1016/j.ecoenv.2021.112871

27. Lipiński K, Mazur M, Antoszkiewicz Z, Purwin C. Polyphenols in monogastric nutrition - a review. *Ann Anim Sci*. 2017;17(1):41-58. doi: 10.1515/aoas-2016-0042

28. Lu L, Zhao LL, Dong SY, Liao XD, Dong XY, Zhang LY, et al. Dietary supplementation of organic or inorganic chromium modulates the immune responses of broilers vaccinated with Avian Influenza virus vaccine. *Animal*. 2019;13(5):983-991. doi: 10.1017/S1751731118002379

29. Ognik K, Drazbo A, Stępniewska A, Kozłowski K, Listos P and Jankowski J. The effect of chromium nanoparticles and chromium picolinate in broiler chicken diet on the performance, redox status and tissue histology. *Anim Feed Sci Technol*. 2020;259:114326. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2019.114326

30. Piray A, Foroutanifar S. Chromium supplementation on the growth performance, carcass traits, blood constituents, and immune competence of broiler chickens under heat stress: a systematic review and dose-response meta-analysis. *Biol Trace Elem Res*. 2022;200:2876-2888. doi: 10.1007/s12011-021-02885-x

31. Safwat AM, Elnaggar AS, Elghalid OA, EL-Tahawy WS. Effects of different sources and levels of dietary chromium supplementation on performance of broiler chicks. *Anim Sci J*. 2020;91(1):e13448. doi: 10.1111/asj.13448

32. Sahin K, Kuçuk O, Sahin N. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on performance and plasma concentrations of insulin and corticosterone in laying hens under low ambient temperature. *J Anim Physiol Anim Nutr*. 2001;85(5-6):142-147. doi: 10.1046/j.1439-0396.2001.00314.x

33. Saracila M, Panaite TD, Tabuc C, Soica C, Untea A, Varzaru I, Wojdyło A, Criste RD. Maintaining intestinal microflora balance in heat-stressed broilers using dietary creeping wood sorrel (*Oxalis corniculata*) powder and chromium (chromium picolinate). *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2020;18(3):e0612. doi: 10.5424/sjar/2020183-16146

34. Sembratowicz I, Ognik K. Evaluation immunotropic activity of gold nanocolloid in chickens. *J Trace Elem Med Biol*. 2018;47:98-103. doi: 10.1016/j.jtemb.2018.02.006

35. Stępniewska A, Drazbo A, Kozłowski K, Ognik K, Jankowski J. The effect of chromium nanoparticles and chromium picolinate in the diet of chickens on levels of selected hormones and tissue antioxidant status. *Animals*. 2020;10(1):45. doi: 10.3390/ani10010045

36. Swaroop A, Bagchi M, Preuss HG, Zafra-Stone S, Ahmad T, Bagchi D. Chapter 8. Benefits of chromium (III) complexes in animal and human health. In: Vincent JB, editor. *The nutritional biochemistry of chromium (III)*. 2nd ed. Elsevier; 2019:251-278. doi: 10.1016/B978-0-444-64121-2.00008-8

37. Tawfeek SS, Hassanin KMA, Youssef IMI. The effect of dietary supplementation of some antioxidants on performance, oxidative stress, and blood parameters in broilers under natural summer conditions. *J World's Poultry Res*. 2014;4(1):10-19.

38. Tzonuis X, Vulevic J, Kuhnle GGC, George T, Leonczak J, Gibson GR, Kwik-Urbe C, Spencer JPE. Flavanol monomer-induced changes to the human faecal microflora. *Br J Nutr*. 2008;99(4):782-792. doi: 10.1017/S0007114507853384

39. Valera M, Casasola R, Gutiérrez O, Sánchez-Chiprés DR, Mireles S. Effects of supplementation with a novel organic chromium product on metabolic and physiological indicators of broilers. *J Anim Health Prod*. 2021;9(1):13-21. doi: 10.17582/journal.jahp/2021/9.1.13.21

40. Xu J, Zhao Q, Qu Y, Ye F. Antioxidant activity and anti-exercise-fatigue effect of highly denatured soybean meal hydrolysate prepared using neutrase. *J Food Sci Technol*. 2015;52:1982-1992. doi: 10.1007/s13197-013-1220-7

41. Yadav S, Jha R. Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. *J Anim Sci Biotechnol*. 2019;10(1):2. doi: 10.1186/s40104-018-0310-9

42. Yao Q, Yang H, Wang X, Wang H. Effects of hexavalent chromium on intestinal histology and microbiota in *Bufo gargarizans* tadpoles. *Chemosphere*. 2019;216:313-323. doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.10.147

43. Zha L, Xu Z, Wang M, Gu L. Effects of chromium nanoparticle dosage on growth, body composition, serum hormones and tissue chromium in Sprague-Dawley rats. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2007;8(5):323-30. doi: 10.1631/jzus.2007.B0323

44. Zheng C, Huang Y, Xiao F, Lin X, Lloyd K. Effects of supplemental chromium source and concentration on growth, carcass characteristics, and serum lipid parameters of broilers reared under normal conditions. *Biol Trace Elem Res*. 2016;169(2):352-358. doi: 10.1007/s12011-015-0419-z

Информация об авторах:

Ильмира Закиевна Губайдуллина, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории агроэкологии и почвоведения, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29, тел.: 8-912-843-10-69.

Ирина Александровна Вершинина, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29, тел.: 8-987-798-67-88.

Анастасия Павловна Иванищева, специалист-техник, сотрудник Испытательного центра ЦКП, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29, тел.: 8-987-843-58-22.

Information about the authors:

Ilmira Z Gubaidullina, Cand. Sci (Biology), Researcher, Laboratory of Agroecology and Soil Science, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8-912-843-10-69.

Irina A Vershinina, Researcher, Laboratory Biological Tests and Examinations, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8-987-798-67-88.

Anastasia P Ivanishcheva, specialist technician, employee at the Testing Center, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8-987-843-58-22.

Статья поступила в редакцию 16.11.2022; одобрена после рецензирования 01.03.2023; принята к публикации 20.03.2023.

The article was submitted 16.11.2022; approved after reviewing 01.03.2023; accepted for publication 20.03.2023.