

Научная статья
УДК 636.084.1;636.085.57
doi: 10.28983/asj.y2023i11pp154-160

**Переваримость питательных веществ бычками, выращиваемыми на мясо,
в зависимости от уровня хрома в рационе**

**Святослав Валерьевич Лебедев, Оксана Вячеславовна Шошина, Надежда Михайловна Ширнина,
Баер Серекпаевич Нуржанов, Елена Владимировна Шейда**
ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии
наук», г. Оренбург, Россия
e-mail: oksana.shoshina.98@mail.ru

Аннотация. В статье изложены данные о переваримости питательных веществ бычками при включении в их рацион различных доз пиколината хрома. Вторая группа животных, получавшая пиколинат хрома в дозе 1,739 мг/кг СВ корма, отличалась лучшими характеристиками потребления сырого протеина, сырой клетчатки и БЭВ, а также повышением коэффициентов переваримости, что подтверждалось стимуляцией процессов обмена белков, углеводов и липидов. Минеральный обмен характеризовался увеличением магния на 12,5 %, фосфора – на 26,4–34,8 % с незначительным изменением кальция (0,7–1,7 %). Дозировка пиколината хрома 1,739 мг/кг СВ корма является оптимальной для метаболизма питательных веществ у бычков, выращиваемых на мясо.

Ключевые слова: кормление; пиколинат хрома; переваримость; коэффициенты переваримости; биохимия крови; балансовый опыт.

Для цитирования: Лебедев С. В., Шошина О. В., Ширнина Н. М., Нуржанов Б. С., Шейда Е. В. Переваримость питательных веществ бычками, выращиваемыми на мясо, в зависимости от уровня хрома в рационе // Аграрный научный журнал. 2023. № 11. С. 154–160. [http: 10.28983/asj.y2023i11pp154-160](http://10.28983/asj.y2023i11pp154-160).

VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNICS

Original article

**Digestibility of nutrients in bulls raised for meat, depending on the level
of chromium in the diet**

Svyatoslav V. Lebedev, Oksana V. Shoshina, Nadezhda M. Shirnina, Baer S. Nurzhanov, Elena V. Sheida
FGBNU "Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy
of Sciences", Orenburg, Russia
e-mail: oksana.shoshina.98@mail.ru

Abstract. The article presents data on the digestibility of nutrients when various doses of chromium picolinate are included in the diet of bulls. The second group of animals receiving chromium picolinate at a dose of 1.739 mg/kg of dry matter feed was characterized by better consumption characteristics of crude protein, crude fiber and nitrogen-free extractive fractions, as well as increased digestibility coefficients, which was confirmed by stimulation of protein, carbohydrate and lipid metabolism processes. Mineral metabolism was characterized by an increase in magnesium by 12.5 %, phosphorus by 26.4–34.8 % with a slight change in calcium (0.7–1.7 %). Thus, the dosage of chromium picolinate (1.739 mg/kg of dry matter) is optimal for the nutrients' metabolism in bulls raised for meat.

Keywords: feeding; chromium picolinate; digestibility; digestibility coefficients; blood biochemistry; balance experience.

For citation: Lebedev S. V., Shoshina O. V., Shirnina N. M., Nurzhanov B. S., Sheida E. V. Digestibility of nutrients in bulls raised for meat depending on the level of chromium in the diet. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(11):154–160. (In Russ.). [http: 10.28983/asj.y2023i11pp154-160](http://10.28983/asj.y2023i11pp154-160).

Введение. Микроэлементы играют важную роль в метаболизме животных. Знание потребностей организма в микроэлементах позволяет правильно составлять рационы, обеспечивать высокие обменные процессы и предельную степень роста животных [15].





Необходимость организма в этих элементах устанавливается на основе функционального состояния и величины предполагаемой производительности животных [14]. На современном этапе ведутся научные работы по дальнейшему анализу микроэлементов, конкретизируются нынешние и совершенствуются новые разработки норм кормления по основным составляющим показателям, которые влияют на формирование продуктивности. В категорию таких элементов входит и хром, фигурирующий в метаболизме углеводов, белков, жиров, а также ферментов. Хром относится к разряду малоизученных веществ, так как недостаточно сведений о его пользе в рационе полигастрических животных. В связи с этим становится актуальным нормирование уровня хрома в рационах крупного рогатого скота [5, 9].

Эффективной формой хрома является ее органический формат в виде пиколината, который предложен в качестве средства для лечения метаболических нарушений, способен повышать чувствительность к инсулину и снижать уровень глюкозы в сыворотке крови. В то же время неоднозначность и ограниченность этих исследований не позволяет делать однозначные выводы об использовании хрома в животноводстве [2]. Кроме того, имеются сведения о токсичности некоторых препаратов хрома [8].

Цель данной работы – изучение переваримости питательных веществ бычками казахской белоголовой породы, выращиваемыми на мясо, при включении в их рацион различных доз пиколината хрома.

Методика исследований. В опыт были включены бычки казахской белоголовой породы в возрасте 12–13 месяцев со средней живой массой 324 кг. Физиологический опыт был проведен в течение 5 месяцев на 12 бычках на базе лаборатории биологических испытаний и экспертиз Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (ФНЦ БСТ РАН). Зоотехнические параметры исследовали в Испытательном центре ФНЦ БСТ РАН. Животные были подобраны методом групп-аналогов по живой массе, общему состоянию, породе и возрасту.

Рационы для животных формировали по рекомендациям А.П. Калашникова и др. (2003). Животные контрольной группы получали стандартный рацион (СР), который включал в себя сено злаковое (1 кг), сено бобовое (2 кг), силос кукурузный (11 кг), дробленую зерносмесь (2 кг), жмых подсолнечный (0,2 кг), патоку кормовую (0,6 кг), соль поваренную (40 г), монокальцийфосфат (60,4 г), премикс (20 г).

В рацион опытных групп дополнительно к СР включали пиколинат хрома ("Nature's Bounty, Inc.", США): I – в дозе 1,721 мг/кг сухого вещества рациона; II – в дозе 1,739 мг/кг сухого вещества рациона. Данные дозы установлены, исходя из содержания хрома в кормах 6,2 мг и были увеличены на 10 и 15 %, на основании определения оптимальной формы в искусственном рубце *in vitro*.

После подготовительного периода (10 сут.) был проведен балансовый учет количества съеденных кормов и их остатков, собраны средние пробы кала (10 %) и мочи (3 %) от общего количества в сутки, по методикам зоотехнического анализа (Лукашик А.А. и Тащилин В.А., 1965). В пробах кала определяли массовую долю сухого вещества (СВ) (ГОСТ 31640-2012), сырого протеина (СП) (ГОСТ 13496.4-2019), сырого жира (СЖ) (ГОСТ 13496.15-2016), сырой клетчатки (СК) (ГОСТ 31675-2012), сырой золы (СЗ) (ГОСТ 26226-95), кальция (ГОСТ 26570-95), фосфора (ГОСТ 26657-97), хрома (ГОСТ 30692-2000; ГОСТ 32343-2013). В пробах мочи (3 % от общего количества) определяли удельный вес, минеральные вещества, содержание азота (по П.Т. Лебедеву, А.Т. Усовичу, 1976).

При проведении исследований использовали следующее оборудование и технические средства: шкаф сушильный ШС-80-01 СПУ зав. № 27919 («Смоленское СПТБ СПУ», Россия), электропечь СНОЛ1.6.2.5.1/9-ИЗ зав. № 1761 (завод электропечей, г. Утенск, Россия), весы лабораторные ВЛТ-150П зав. № 108688875 (ЗАО «Сартогосм», г. Санкт-Петербург, Россия), комплекс для определения белка, азота (модель UDK 139, Velp, Италия).

Статистический анализ выполняли с использованием методик ANOVA (программный пакет Statistica 10.0, Stat Soft Inc., США) и Microsoft Excel (Microsoft, США). Статистическая обработка включала в себя расчет среднего значения (М) и стандартные ошибки среднего ($\pm$ SEM).



Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы $p \leq 0,05$.

Результаты исследований. Особенности содержания животных, скученность, отъем, транспортировка, перепады температур и адаптация к новому рациону во время откорма – факторы, которые могут вызывать у жвачных сильный стресс. Решить эту проблему можно с помощью добавления в рационы органического хрома, так как он способен увеличить адаптационные характеристики за счет повышения резистентности и укрепления иммунной системы животных, а также улучшить ответ на вакцинацию. В результате снижается падеж, сокращаются случаи рецидивов респираторных болезней, тем самым рентабельность предприятий повышается [6, 16].

Установлено, что хром способен нормализовать пищеварение у животных, повышая переваримость корма через его основные компоненты: протеин, жир, клетчатку, макро- и микроэлементы [3].

Авторы отмечают, что в рубце усваивается всего 1 % хрома, его основное всасывание происходит главным образом в тонком кишечнике и зависит от формы. Доказано, что у органического хрома биодоступность на 15–20 % выше, чем у неорганического. Это связано с тем, что хром в органической форме характеризуется специфическим хелатированием микроэлемента органическими кислотами и метионином [6].

Балансовые опыты показывают, как хром в оптимальном количестве оказывает положительное влияние в рационах крупного рогатого скота на переваримость СВ, ОВ, СП, СЖ, СК, БЭВ [4].

На основании учета поедаемости корма в нашем исследовании были получены достоверные данные, свидетельствующие о лучшем потреблении бычками II опытной группы сырого протеина, сырой клетчатки и БЭВ на 28,9 г (3,1 %), 79,54 г (5,5 %), 396,8 г (9,3 %). Бычками II группы при сравнении с контрольной группой было выделено с калом меньше сухого вещества, сырого протеина на 91,94 г (3,4 %), 10,38 г (3,04 %), при этом усвоение сухого и органического вещества животными было выше на 379,44 г (8,3 %) и 307,87 г (6,9 %). Достоверные данные также были получены по выделению с калом сырого протеина бычками I группы на 16,36 г (4,8 %) больше, чем в контрольной группе (см. таблицу).

В ходе оценки переваримости питательных компонентов рационов установили, что коэффициенты переваримости у бычков I группы были выше по сравнению с контрольной группой по СК – на 1,44 %, II группы по СВ – на 4,3 %, по СП – на 2,4 %, по СЖ – на 2,6 % и по БЭВ – на 4,4 % ($p \leq 0,05$), рис. 1.

Переваримость основных питательных веществ 12–13-месячными бычками, г

Группа	Принято	Выделено с калом	Переварено
СВ			
Контроль (СР)	7283±97,6	2726±14,2	4557±99,3
I (хром в дозе 1,721 мг/кг СВ)	7388±64,4	2700±13,42	4688±65,3
II (в дозе 1,739 мг/кг СВ)	7571±60,1	2634±15,2**	4936±58,4*
ОВ			
Контроль (СР)	6825±91,1	2366±41,7	4459±68,8
I (хром в дозе 1,721 мг/кг СВ)	6923±60,1	2276±164,9	4647±210,0
II (в дозе 1,739 мг/кг СВ)	7093±56,0	2326±125,0	4766±82,8*
СП			
Контроль (СР)	923±8,1	341±1,3	581,9±9,3
I (хром в дозе 1,721 мг/кг СВ)	934±6,3	357±2,6**	576±8,9
II (в дозе 1,739 мг/кг СВ)	952±6,3*	351±3,1*	600±6,7

Группа	Принято	Выделено с калом	Переварено
СЖ			
Контроль (СР)	197±2,9	77,9±0,4	119±2,4
I (хром в дозе 1,721 мг/кг СВ)	200±1,6	78,0±0,7	122±1,1
II (в дозе 1,739 мг/кг СВ)	205±1,6	77,7±1,3	127±2,9
СК			
Контроль (СР)	1438±25,3	680±90,6	758±87,8
I (хром в дозе 1,721 мг/кг СВ)	1468±18,3	575±112,2	785±13,6
II (в дозе 1,739 мг/кг СВ)	1518±16,0*	682±20,8	835±35,8
БЭВ			
Контроль (СР)	4266±54,8	1267±140,0	2999±713,6
I (хром в дозе 1,721 мг/кг СВ)	4430±87,4	1265±100,0	3165±287,0
II (в дозе 1,739 мг/кг СВ)	4663±125*	1214±86,0	3448±599,0

* $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$ в сравнении с контрольной группой (здесь и далее).

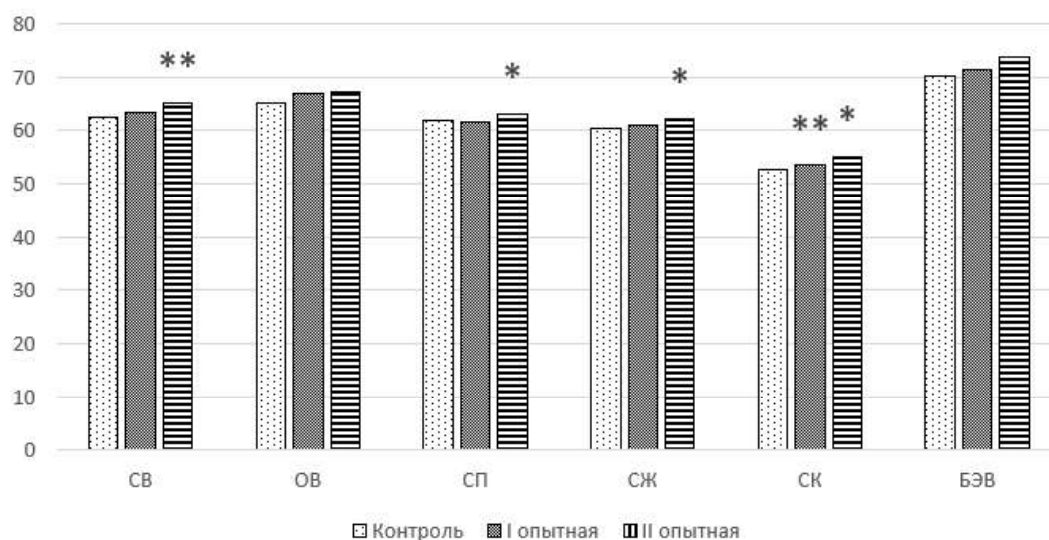


Рис. 1. Коэффициенты переваримости питательных веществ рационов у подопытных бычков, %

Хром характеризуется мельчайшими размерами, что помогает ему проникать в кровеносные капилляры с последующим объединением с белком плазмы крови – трансферрином и распределением по тканям и выведением через мочу и фекалии 60–90 % от принятого с кормами [11]. Лебедевым С.В. и др. [1] установлено, что в результате добавления наночастиц хрома в дозе 300 мг/кг в рацион телят развивается гипергликемия. Она проявляется увеличением глюкозы на 10,6 %, снижением уровня холестерина, а также увеличением триглицеридов на 14,3 %. Хром в рационе лактирующих коров в дозе 4 мг/сут. не воздействует существенно на уровни глюкозы, мочевины, холестерина, триглицеридов в сыворотке крови, но при этом снижает уровень общего белка [7].

В нашем исследовании обменные процессы проявлялись снижением белка в организме бычков I группы на 5,6 %, а во II группе увеличением на 0,4 % ($p \leq 0,05$). В состав общего белка входит альбумин, который отвечает за перенос различных веществ с током крови в ткани; одновременно выводит конечные продукты распада веществ в сосудистое русло к органам выделения. Уровень альбумина снижался в I группе на 10,1 %, а во II повышался на 5 % относительно контроля ($p \leq 0,05$).





Индикаторы обмена белка в организме – это аланинаминотрансфераза (АЛТ) и аспартат-аминотрансфераза (АСТ), которые принимают участие в обмене аминокислот. По нашим данным, уровень АЛТ повышался в I группе на 23,5 %, во II группе – на 24,2 % ($p \leq 0,05$). Напротив, уровень АСТ снижался в I группе на 10,7 %, во II группе – на 26,1 % по сравнению с контрольными показателями ($p \leq 0,05$). Коэффициент де Ритиса (соотношение активности аминотрансфераз АСТ:АЛТ) снижался в I и II экспериментальных группах на 26,8 и 40 % соответственно ($p \leq 0,05$).

По концентрации мочевины и креатинина в крови определяют, насколько функционируют почки, печень, мышечная система. Они являются конечными продуктами обмена белков. В результате введения в рацион бычков пиколината хрома уровень мочевины снижался в I группе на 68,5 %, а во II – на 36,8 % ($p \leq 0,05$). В процессе распада белков и мочевой кислоты образуется креатинин, который принимает участие в энергетическом обмене мышечной и других тканей. Уровень креатинина был повышен в I группе на 9,5 %, во II группе – на 7,2 % относительно контрольной группы ($p \leq 0,05$). Мочевая кислота была снижена в I группе на 69,4 %, во II – на 58,5 % в сравнении с контролем ($p \leq 0,05$).

Глюкоза является главным показателем обмена углеводов в организме. В процессе ее окисления образуется большое количество энергии. В нашем случае глюкоза снижалась во всех трех группах от 8,4 до 18,6 % относительно контрольных значений, но при этом не заходила за грань установленной нормы ($p \leq 0,05$).

Добавление в рацион пиколината хрома приводило к усилению процессов интенсивности обмена липидов, что проявлялось в повышении холестерина и билирубина в сыворотке крови. Так, холестерин в I и II группах увеличился на 26,5 и 22 % ($p \leq 0,05$), а уровень триглицеридов был ниже контрольных значений в I группе на 83,8 %, во II группе – на 75,7 % ($p \leq 0,05$). Уровень билирубина повышался в I группе на 56,5 %, а во II группе – на 28,6 % относительно контроля ($p \leq 0,05$), рис. 2.

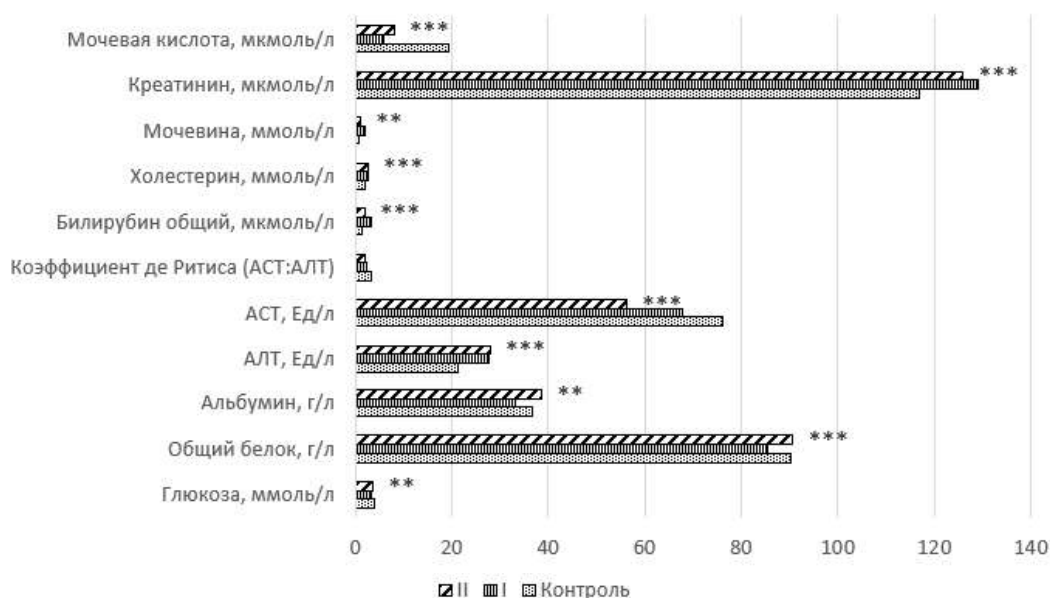


Рис. 2. Биохимические показатели крови при добавлении пиколината хрома в рацион бычков ($n = 12$, $M \pm m$)

Уровень минеральных веществ имел дозозависимый эффект. Если при дозировке 1,721 мг/кг уровень магния соответствовал контрольным значениям, то при дозировке 1,739 мг/кг повышался на 12,5 % относительно контроля. Фосфор повышался при дозировке 1,721 мг/кг на 26,4 %, при 1,739 мг/кг – на 34,3 % в сравнении с контролем. Уровень кальция во всех группах изменялся незначительно: в I – на 0,6 % ниже контроля, а во II – на 1,7 % выше данных контроля.

В исследовании А. Pechova et al. [13] по сравнению с контролем 2-я экспериментальная группа показала значительно более низкие концентрации фосфора (5 мг/гол. в сутки), 3-я группа – магния (8 мг/гол. в сутки). И фосфор, и магний тесно связаны с энергетическим метаболизмом. Поэтому низкие концентрации в крови, возможно, были вызваны более высокой потребностью в них

у животных с более высокой скоростью роста. Заметное снижение концентрации фосфора при 2-м отборе проб также отразилось на повышенной активности щелочной фосфатазы в обеих группах, что указывало на изменение костной ткани, по-видимому, из-за дефицита фосфора.

В собственном исследовании мы установили, что содержание минеральных веществ в сыворотке крови характеризовалось повышением концентрации магния во II группе на 12,5 % ($p \leq 0,05$), фосфора в I группе – на 26,4 %, во II группе – на 34,3 % ($p \leq 0,05$). Уровень кальция в I группе уступал контролю на 0,6 %, а во II группе, наоборот, повышался на 1,7 % относительно контрольных значений ($p \leq 0,05$), рис. 3.

Анализ биохимических показателей крови бычков показал, что процессы обмена белков, углеводов и липидов интенсивнее проходили во II опытной группе из-за активного действия хрома как катализатора обменных процессов.

Заключение. Применение в составе рациона бычков, выращиваемых на мясо, пиколината хрома в дозировке 1,739 мг/кг СВ корма оказывает положительное влияние на поедаемость, переваримость и усвоение питательных и минеральных веществ корма.

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2021–2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (No 0761-2019-0005).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние наночастиц хрома на активность пищеварительных ферментов и морфологические и биохимические параметры крови телёнка / С. В. Лебедев [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 4. С. 136–142.
2. Влияние различных форм хрома на обмен химических элементов в организме крыс линии Wistar / Е. В. Шейда [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 2(76). С. 167–171.
3. Влияние смеси незаменимых аминокислот в сочетании с кобальтом и хромом на химический состав и качество мяса телят казахской белоголовой породы / С. В. Лебедев [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 1. 168 с.
4. Влияние хрома на обмен веществ и молочную продуктивность коров / В. А. Кокорев [и др.] // Животноводство и молочное дело. 2015. С. 3–14.
5. Влияние хрома на продуктивность коров черно-пестрой породы / В. А. Кокорев [и др.] // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции. 2017. С. 97–112.
6. Фабер В., Акмалиев Т. А., Гусева О. А. Хром для крупного рогатого скота // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 4. С. 42–45.
7. Chemical properties and biotoxicity of several chromium picolinate derivatives / L. Bin et al. // Journal of Inorganic Biochemistry. 2016. P. 164. DOI:10.1016/j.jinorgbio.2016.09.006. №!!!!
8. Diane M. S. Evaluation of chromium(III) genotoxicity with cell culture and in vitro assays. The Nutritional Biochemistry of Chromium (III). 2007. P. 209–224. DOI: 10.1016/B978-044453071-4/50011-4.
9. Effect of chromium methionine supplementation on lactation performance, hepatic respiratory rate and anti-oxidative capacity in early-lactating dairy cows / Z. Z. Wu et al. // Animal. 2021. No. 15(9). P. 100326. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100326.
10. Effects of Chromium Supplementation on Lipid Profile: an Umbrella of Systematic Review and Meta-analysis / M. Vajdi et al. // Biological Trace Element Research. 2022. DOI: 10.1007/s12011-022-03474-2.
11. Long-term chromium picolinate supplementation improves colostrum profile of Santa Ines ewe / T. F. V. Bompadre et al. // Biol Trace Elem Res. 2020. No. 193(2). P. 414–421. DOI: 10.1007/s12011-019-01741-3.

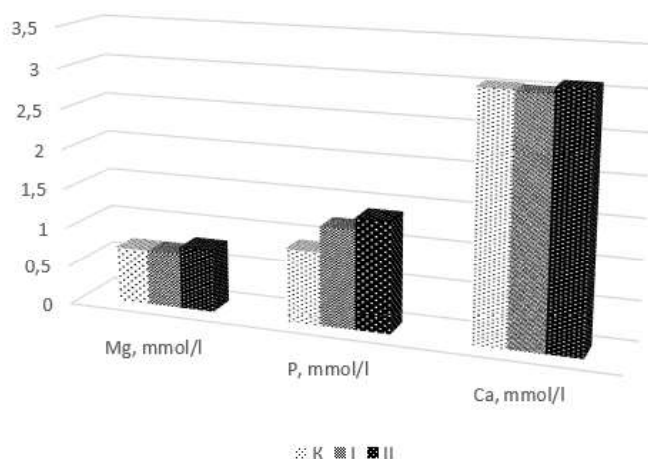


Рис. 3. Уровень химических элементов в сыворотке крови при введении пиколината хрома в рацион бычков





12. Macromineral and trace element requirements for Santa Ines sheep / D. Sousa et al. // *Scientific Reports*. 2021. No. 11. P. 12329. DOI: 10.1038/s41598-021-91406-w.
13. Pechova A., Illek J., Pavlata L. Effects of Chromium Supplementation on Growth Rate and Metabolism in Fattening Bulls // *Acta Veterinaria Brno*. 2002. No. 71(2). P. 535–541. DOI: 10.2754/avb200271040535.
14. Semkiv M. V. Organization and improvement of biochemical control of full-fledged feeding of cows // *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 2021. No. 852(1). P. 012092. DOI: 10.1088/1755-1315/852/1/012092.
15. Şentürk M., Uyanik F., Hamurcu Z. Effects of chromium picolinate on the parameters of oxidative and chromosomal DNA damage in rabbits // *Turkish Journal of Biochemistry*. 2017. P. 43. DOI: 10.1515/tjb-2016-0220.
16. Vincent J.B., Lukaski H.C. Chromium // *AdvNutr*. 2018. No. 9(4). P. 505–506. DOI: 10.1093/advances/nmx021.

REFERENCES

1. The influence of chromium nanoparticles on the activity of digestive enzymes and morphological and biochemical parameters of calf blood / S. V. Lebedev et al. *Animal husbandry and feed production*. 2018;101(4):136–142. (In Russ.).
2. The influence of various forms of chromium on the exchange of chemical elements in the body of Wistar rats / E.V. Sheida et al. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2019;2(76):167–171. (In Russ.).
3. The influence of a mixture of essential amino acids in combination with cobalt and chromium on the chemical composition and quality of meat of calves of the Kazakh white-headed breed / S. V. Lebedev et al. *Animal husbandry and feed production*. 2020;103(1):168. (In Russ.).
4. The influence of chromium on metabolism and dairy productivity of cows / V. A. Kokorev et al. *Animal husbandry and dairy business*. 2015. P. 3–14. (In Russ.).
5. The influence of chromium on the productivity of black-and-white cows / V. A. Kokorev et al. *Resource-saving environmentally safe technologies for the production and processing of agricultural products*. 2017. P. 97–112. (In Russ.).
6. Faber V., Akmaliev T. A., Guseva O. A. Chrome for cattle. *Dairy and meat cattle breeding*. 2020;(4):42–45. (In Russ.).
7. Chemical properties and biotoxicity of several chromium picolinate derivatives / L. Bin et al. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2016. P. 164. DOI:10.1016/j.jinorgbio.2016.09.006.
8. Diane MS. Evaluation of chromium(III) genotoxicity with cell culture and in vitro assays. *The Nutritional Biochemistry of Chromium (III)*. 2007. P. 209–224. DOI: 10.1016/B978-044453071-4/50011-4.
9. Effect of chromium methionine supplementation on lactation performance, hepatic respiratory rate and anti-oxidative capacity in early-lactating dairy cows / Z. Z. Wu et al. *Animal*. 2021;15(9):100326. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100326.
10. Effects of Chromium Supplementation on Lipid Profile: an Umbrella of Systematic Review and Meta-analysis / M. Vajdi et al. *Biological Trace Element Research*. 2022. DOI: 10.1007/s12011-022-03474-2.
11. Long-term chromium picolinate supplementation improves colostrum profile of Santa Ines ewe / T. F. V. Bompadre et al. *Biol Trace Elem Res*. 2020;193(2):414–421. DOI: 10.1007/s12011-019-01741-3.
12. Macromineral and trace element requirements for Santa Ines sheep / D. Sousa et al. *Scientific Reports*. 2021;(11):12329. doi: 10.1038/s41598-021-91406-w.
13. Pechova A., Illek J., Pavlata L. Effects of Chromium Supplementation on Growth Rate and Metabolism in Fattening Bulls. *Acta Veterinaria Brno*. 2002;71(2):535–541. DOI: 10.2754/avb200271040535.
14. Semkiv M. V. Organization and improvement of biochemical control of full-fledged feeding of cows. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 2021;852(1):012092. DOI: 10.1088/1755-1315/852/1/012092.
15. Şentürk M., Uyanik F., Hamurcu Z. Effects of chromium picolinate on the parameters of oxidative and chromosomal DNA damage in rabbits. *Turkish Journal of Biochemistry*. 2017. P. 43. Doi: 10.1515/tjb-2016-0220.
16. Vincent J. B., Lukaski H. C. Chromium. *AdvNutr*. 2018;9(4):505–506. DOI: 10.1093/advances/nmx021.

Статья поступила в редакцию 10.02.2023; одобрена после рецензирования 11.03.2023; принята к публикации 24.03.2023.
The article was 10.02.2023; approved after 11.03.2023; accepted for publication 24.03.2023.