

Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 3. С. 40-46.

Animal Husbandry and Fodder Production. 2022. Vol. 105, no 3. P. 40-46.

Научная статья

УДК 637.128:637.087.7

doi:10.33284/2658-3135-105-3-40

Влияние добавок Zn, Cu, Mn и Fe, хелатированных глицином, на некоторые показатели молока и уровни микроэлементов в сыворотке молочных коров

**Джордж Влад Гойлян¹, Ромео Теодор Кристина², Александру Октавиан Дома³,
Евгения Думитреску⁴, Рэзван Флорин Морузи⁵, Диана Мария Деги⁶, Серджиу Алич Орасан⁷,
Флорин Муселин^{8,9}**

^{1,2,3,4,5,6,7,8}Университет естественных наук «Король Румынии Мишель I» из Тимишоары, Тимишоара, Румыния

⁹Рабочая группа по ксенобиохимии, Филиал Румынской академии в Тимишоаре, Тимишоара, Румыния

²<https://orcid.org/0000-0002-5420-1516>

³<https://orcid.org/0000-0001-5252-6969>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-8346-6230>

⁵<https://orcid.org/0000-0001-7769-6358>

⁶<https://orcid.org/0000-0002-6975-4914>

⁷<https://orcid.org/0000-0002-6704-0459>

^{8,9}florin.muselin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2907-4233>

Аннотация. В статье представлены данные о влиянии некоторых микроэлементов на молочную продуктивность и показатели качества, а также статус некоторых минералов в сыворотке молочных коров, получавших глицин-хелатные минералы. Исследование было проведено на тридцати многотельных молочных коровах голштинской породы в возрасте около 62±4,5 месяцев, которые были разделены на две группы методом случайной выборки: С – контрольная группа, получавшая обычный рацион без добавок минералов с глицином, Е – одна экспериментальная группа, получавшая добавки с глицином, хелатным Cu, Zn, Mn и Fe следующим образом: 15 мг/кг Cu, 60 мг/кг Zn, 20 мг/кг Mn и 100 мг/кг Fe добавляют в концентрат корма. Эксперимент начинали с 30-го дня лактации до 100-го дня лактации и оценивали молочную продуктивность и параметры качества молока (молочный жир, белок, лактозу, температуру замерзания и процент нежировых сухих веществ, количество соматических клеток, общее количество бактерий) и сывороточные уровни железа (Fe), марганца (Mn), меди (Cu), цинка (Zn) и селена (Se). В опытной группе наблюдалось достоверное ($P \leq 0,05$) увеличение удоя и жира и недостоверное ($P \geq 0,05$) увеличение процента белка и обезжиренных веществ (NFS), а также достоверное снижение количества соматических клеток (SCC) и общее количество бактерий (ТВС). Содержание некоторых минералов в сыворотке крови на 30-й, 65-й и 100-й день лактации значительно ($P \leq 0,05$) увеличилось для Se, Zn и Fe, особенно на 100-й день лактации, и снизилось для Cu и Mn. Можно сделать вывод, что введение хелатной минеральной добавки может увеличить надой и показатели качества молока.

Ключевые слова: молочные коровы, показатели молока, добавки, минеральные вещества

Благодарности: Особая благодарность за помощь и поддержку г-ну Давиду Кирилэ и г-же Михаэле Скурту из AMS 2000 Trading Imprex SRL, Джебель, Румыния.

Для цитирования: Влияние добавок Zn, Cu, Mn и Fe, хелатированных глицином, на некоторые параметры молока и уровни микроэлементов в сыворотке молочных коров / Д.В. Гойлян, Р.Т. Кристина, А.О. Дома, Е. Думитреску, Р.Ф. Морузи, Д.М. Деги, С.А. Орасан, Ф. Муселин // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 3. С. 40-46. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-40>

Введение.

Для обеспечения оптимального перехода от стельности к лактации очень важно обеспечить достаточное количество макро- и микроминералов (Andrieu S, 2008). Доказано, что микроэлементы необходимы для важных физиологических процессов, таких как поддержание здоровья, антиоксидантная защита и максимизация продуктивности молочных коров (Faulkner MJ and Weiss WP, 2017; Wu G, 2018), в то время как дефицит микроэлементов может угнетать иммунитет молочных коров (Spears JW and Weiss WP, 2008).

Жвачные животные чаще всего страдают от острого дефицита в рационе таких микроэлементов, как кобальт, медь, йод, селен, цинк и марганец (Hidiroglu M, 1979), что может оказывать сильное влияние на репродуктивную функцию крупного рогатого скота (Mackenzie AM et al., 2001).

Медь, цинк и селен, по-видимому, находятся в дефиците у жвачных животных, и эти микроэлементы могут ухудшить продуктивность и воспроизводительную способность коров (McDowell LR and Arthington JD, 2005; Leon-Cruz M et al., 2020).

Ранее сообщалось о некотором положительном влиянии микроэлементов или различных органических форм микроэлементов на молочных коров, в том числе увеличение надоев молока (Rabiee AR et al., 2010), уменьшение количества соматических клеток (Kellogg DW et al., 2004), а также снижение хромоты и улучшение здоровья копыт молочных коров (Nocek JE et al., 2000; Siciliano-Jones JL et al., 2008; Overton TR and Yasui T, 2014).

Цель исследования.

Подчеркнуть влияние глицин-хелатных минералов на некоторые параметры качества молока и уровень выбранных минералов в крови.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Голштинские многотельные молочные коровы в возрасте около 62 месяцев и весом 462±23 кг.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были одобрены Научным комитетом, Решение №. 62 /15.11.2020. Кроме того, все процедуры в этом исследовании полностью соответствуют Директиве ЕС об экспериментах на животных (Директива 2010/63/ЕС). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Исследование проведено в частном зоотехническом подразделении округа Бихор (Румыния) на тридцати многотельных молочных коровах *голландской* породы в возрасте около 62±4,5 месяцев, массой тела 462±23 кг, содержащихся в отдельных привязных стойлах. Коровы были методом случайной выборки распределены на две экспериментальные группы (n=15): С – контрольная группа, получавшая обычный рацион без добавления глицина и минералов, Е – одна экспериментальная группа, получавшая добавки с глицином, хелатным Cu, Zn, Mn и Fe (E.C.O. Trace). ®, Biochem, Германия) следующим образом: 15 мг/кг Cu, 60 мг/кг Zn, 20 мг/кг Mn и 100 мг/кг Fe добавляли в концентрат корма.

Эксперимент проводился с 30-го дня лактации до 100-го дня лактации, коров доили два раза в день. Анализ молока проводили еженедельно, а забор крови для анализа микроэлементов сыворотки отбирали в 0-й день (30-й день лактации), в середине и в конце эксперимента (65-й и 100-й день лактации) из хвостовой вены. Кормление – двухразовое, при индивидуальном фронте 75 см/голову, состоящее из 5 кг концентратов, 8 кг сена люцерны и 21 кг кукурузного силоса. Общий химический состав соотношения представлен в таблице 1.

Таблица 1. Состав рациона для молочных коров, используемых в опыте

Показатель	Единица	Значения
Сухое вещество (DM)	%	48.2
Сырой белок (CP)	%	16.96
Растворимый белок	% from CP	49.5
НДК (NDF)	%	31.19
АДК (ADF)	%	20.06
NE	Mcal/kg	1.65
Ca	%	1.02
P	%	0.31
Mg	%	0.38
K	%	1.07
Na	%	0.33
Cl	%	0.32
S	%	0.28
Витамин А	IU/kg	11 400
Витамин В	IU/kg	3100
Витамин Е	IU/kg	35200
Fe	Ppm	208.33
Zn	Ppm	26.91
Cu	Ppm	9.14
Mn	Ppm	24.27
Se	Ppm	0.19

Оборудование и технические средства. Уровни основных биоэлементов: марганца (Mn), селена (Se), цинка (Zn), меди (Cu) и железа (Fe) в сыворотке анализировали с использованием печи с пиролитической трубкой для Mn, Se и Cu и пламени. Анализ на Zn и Fe – методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) на спектрофотометре ContrAA800 (Analytic Jena, Германия). Анализ молочного жира, белка, лактозы, точки замерзания и процентного содержания нежировых сухих веществ оценивали с помощью ИК фурье-спектроскопии на Milkoscan MARS (Foss, Hilleroed, Дания), количество соматических клеток (SCC) оценивали с помощью проточной цитометрии на Fossomatic FC (Foss, Hilleroed, Дания), а общее количество бактерий (ТВС) оценивали с помощью проточной цитометрии с использованием Vactoscan FC (Foss, Hilleroed, Дания).

Статистическая обработка. Результаты были подвергнуты статистическому анализу с помощью однофакторного дисперсионного анализа с поправкой Бонферрони, принимая во внимание, что различия статистически представлены, когда $P \leq 0,05$ или ниже и выражается как среднее значение \pm стандартное отклонение. В качестве программного обеспечения использовали «GraphPad Prism 6.0» для Windows (GraphPad Software, Сан-Диего, США).

Результаты исследования и обсуждение.

Микроэлементы, такие как Cu, Zn, Mn, Se и Fe, действуют как кофакторы для многих ферментов антиоксидантной системы (Mérplan C, 2011), которые непосредственно участвуют во всех метаболических процессах в живых организмах, поэтому необходимы для клеточного метаболизма и многие другие функции организма, включая производство энергии, рост и размножение.

Как показано в таблице 2, в нашем исследовании мы наблюдали, что удои значительно ($P \leq 0,01$) увеличились у коров, которые получали добавки с хелатными минералами (сравнение экспериментальной и контрольной групп: +10,52 %). Ещё одно значительное ($P \leq 0,05$) увеличение было зарегистрировано в отношении содержания белка (сравнение экспериментальной и кон-

трольной групп: +5,12 %). В нашем исследовании мы также зафиксировали достоверное ($P \leq 0,05$) снижение SCC (сравнение экспериментальной и контрольной групп: -12,47 %) и ТВС (сравнение экспериментальной и контрольной групп: -8,33 %), в то время как остальные изучаемые параметры достоверно не изменились в опытной группе по сравнению с контролем ($P \geq 0,05$), соответственно мы отметили увеличение белка (К/К: +3,03 %), NFS (К/К: +0,23 %) и снижение температуры замерзания (К/К: -0,18 %).

Таблица 2. Показатели молока у молочных коров, контрольная группа и группа, получавшая хелатный глицин

Группа	Показатель							
	кол-во молока (л/день)	жир (%)	белок (%)	лактоза (%)	NFS (%)	SCC ($\times 10^3/ml$)	TBC (log)	точка замерзания ($^{\circ}C$)
С	38 \pm 1.8	3.9 \pm 0.1	3.3 \pm 0.1	4.58 \pm 0.08	8.68 \pm 0.3	58.5 \pm 3.2	2.4 \pm 0.1	-0.531 \pm 0.02
Е	42 \pm 2.5**	4.1 \pm 0.1*	3.4 \pm 0.1	4.58 \pm 0.1	8.70 \pm 0.4	51.2 \pm 1.8*	2.2 \pm 0.1*	-0.530 \pm 0.01

Примечание: * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$

Есть авторы, указывающие на положительное влияние добавок микроэлементов на молочную продуктивность молочных коров. С этой целью Ballantine HT с соавторами (2002) сообщили об аналогичном повышении лактации у коров, когда часть цинка, марганца, меди и кобальта из источников сульфатов были заменены хелатными минералами. Кроме того, Kincaid RL и Socha MT (2004) и Siciliano-Jones JL с коллегами (2008) наблюдали увеличение лактации во время пиковой лактации, а также увеличение содержания белка в ответ на замену неорганических цинка, марганца, меди и кобальта хелатными минералами.

Увеличение производства молока, коррелирующее со снижением SCC, может быть связано с улучшением здоровья вымени (Kellog DW et al., 2004; Osorio JS et al., 2016), и это исследование согласуется с нашими выводами. Аналогичные результаты были получены Roshanzamir H et al. (2020) у коров голштинской породы, получавших органические Mn, Zn и Cu. Hackbart KS с коллегами (2010) не наблюдали положительного эффекта на производство молока у молочных коров, которым добавляли органические микроэлементы, чтобы обеспечить 40, 26, 70 и 100 % цинка, марганца, меди и кобальта, соответственно, но наблюдали увеличение белка и процент жира.

Таблица 3. Уровни исследуемых микроэлементов в сыворотке молочных коров контрольной группы и группы, получавшей хелатный глицин

День лактации	Группа	Показатель ($\mu g/dl$)				
		Zn	Se	Fe	Mn	Cu
30	С	83.4 \pm 2.5	2.54 \pm 0.8	274.1 \pm 15.2	0.63 \pm 0.02	78.4 \pm 3.8
	Е	86.5 \pm 3.8	2.59 \pm 0.9	272.5 \pm 10.5	0.69 \pm 0.11	76.2 \pm 4.8
65	С	81.5 \pm 3.7	2.65 \pm 0.7	267.4 \pm 14.4	0.59 \pm 0.12	72.11 \pm 4.5
	Е	92.1 \pm 4.5*.#	3.11 \pm 0.8*.#	288.4 \pm 12.3*.#	0.54 \pm 0.21	69.14 \pm 1.4*
100	С	84.2 \pm 5.2	2.88 \pm 0.8	271.1 \pm 10.3	0.61 \pm 0.13	74.5 \pm 3.2
	Е	114.2 \pm 5.8**.\$	5.54 \pm 0.5**.\$\$	314.1 \pm 12.7*.\$	0.57 \pm 0.24	69.2 \pm 1.9*

Примечание: Сравнение контрольной и экспериментальной групп: * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$

Сравнение на 30 день: # – $P \leq 0,05$

Сравнение на 65 день: \$ – $P \leq 0,05$, \$\$ – $P \leq 0,01$

В начале опыта, на 30-й день лактации, существенных изменений изучаемых микроэлементов в содержимом сыворотки не наблюдалось. Мы зафиксировали лишь небольшое, но незначительное ($P \geq 0,05$) увеличение Zn (сравнение экспериментальной и контрольной групп: +3,71 %), Se (сравнение экспериментальной и контрольной групп: +1,96 %) и Mn (сравнение экспериментальной и контрольной групп: +9,52 %), и снижение Fe (сравнение экспериментальной и контрольной групп: -0,58 %) и Cu (сравнение экспериментальной и контрольной групп: -2,80 %).

В середине опыта, на 65-й день лактации, при сравнении опытной группы с контролем мы отметили достоверное повышение содержания Zn (сравнение экспериментальной и контрольной групп: +13,01 %), Se (сравнение экспериментальной и контрольной групп: +17,35%) и Fe (сравнение экспериментальной и контрольной групп: +17,35 %). С: +7,85 %), в то время как остальные изученные элементы уменьшились, недостоверно ($P \geq 0,05$) для Mn (сравнение экспериментальной и контрольной групп: -8,47 %), и статистически значимо ($P \leq 0,05$) для Cu (сравнение экспериментальной и контрольной групп: -4,11 %).

На 100-й день лактации отмечено достоверное увеличение Zn (Э/К: +35,62 %, $P \leq 0,01$), Se (Э/К: +92,36 %, $P \leq 0,01$) и Fe (Э/К: +15,86 %, $P \leq 0,05$). Для двух других исследованных микроэлементов мы зафиксировали снижение, незначительное ($P \geq 0,05$) для Mn (сравнение экспериментальной и контрольной групп: -6,55 %) и значимое ($P \leq 0,05$) для Cu (сравнение экспериментальной и контрольной групп: -7,11 %).

Сравнивая уровни некоторых микроэлементов в сыворотке крови на 65-й день лактации и на 30-й день лактации, мы заметили значительные изменения. Мы отметили значительное ($P \leq 0,05$) увеличение Zn (65/30: +6,47 %), Se (65/30: +20,07 %) и Fe (65/30: +5,83 %). Для Mn и Cu мы наблюдали незначительное ($P \geq 0,05$) снижение (Mn 65/30: -21,73 %, Cu 65/30: -9,26 %).

Сравнивая 65-й и 100-й день лактации, мы наблюдали примерно ту же динамику, что и в предыдущий период, достоверное повышение Zn (100/65: +23,99 %, $P \leq 0,05$), Se (100/65: +78,13 %, $P \leq 0,05$), Se (100/65: +78,13 %, $P \leq 0,01$) и Fe (100/65: +8,91 %, $P \leq 0,05$), за исключением Mn и Cu, для которых характерно небольшое, но незначительное ($P \geq 0,05$) увеличение на 100 день лактации (Mn 100/65: +5,55 %, Cu 100/65: +0,08 %).

Минералы играют бесспорно важную роль в плодовитости стада, а минералы, представляющие особый интерес, подразделяются на основные и микроэлементы, такие как: йод, железо, медь, марганец, кобальт, цинк, молибден и селен (Boland MP, 2003). Комплексы микроэлементов с аминокислотой более биодоступны и благодаря этому лучше усваиваются организмом, чем их неорганические источники (Siciliano-Jones JL et al., 2008).

Концентрации селена и меди в местных кормах, как правило, низки и дополняются фермерами, поэтому животные, которые живут на улице, питаются местными кормами и не получают этих микроэлементов, могут иметь относительно низкое содержание обоих минералов (Top AMvd, 2005).

Взаимодействия между Cu и Zn в желудочно-кишечном тракте хорошо известны и важны для всасывания этих элементов, поскольку за увеличением концентрации Zn может следовать синтез тионеина, белка, который связывает Zn или Cu, при этом образуется металлотионеин (Cousins RJ, 1985), но неясно, в какой степени Zn-индуцированное образование тионеина способно влиять на абсорбцию Cu из кишечника жвачных животных (Top AMvd, 2005).

Аналогичные результаты были получены Roshanzamir H с коллегами (2020), которые наблюдали увеличение содержания Mn и Zn в крови у коров, получавших медь, марганец и цинк в виде метионина, сульфата или глицина.

Заключение.

Введение добавок с хелатными минералами сопровождалось значительным повышением молочной продуктивности и показателей качества молока, а также изменением уровня исследуемых микроэлементов в сыворотке крови, особенно повышением Zn, Se и Fe, при этом наблюдалось незначительное снижение Cu и Mn.

Список источников

1. Andrieu S. Is there a role for organic trace element supplements in transition cow health? *Vet J.* 2008;176(1):77-83. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.022>
2. Ballantine HT, Socha MT, Tomlinson DJ, Johnson AB, Fielding AS, Shearer JK, van Amstel SR. Effect of feeding complexed zinc, manganese, copper and cobalt to late gestation and lactating dairy cows on claw integrity, reproduction and lactation performance. *Prof. Anim. Sci.* 2002;18(3):211-218. doi: [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31524-2](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31524-2)
3. Boland MP. Trace minerals in production and reproduction in dairy cows. *Advances in Dairy Technology.* 2003;15:319-330.
4. Cousins RJ. Absorption, transport, and hepatic metabolism of copper and zinc: special reference to metallothionein and ceruloplasmin. *Physiological Reviews.* 1985;65(2):238-309. doi: [10.1152/physrev.1985.65.2.238](https://doi.org/10.1152/physrev.1985.65.2.238)
5. EUR-Lex. Access to European Union Law [Internet]. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0063&rid=2>
6. Faulkner MJ, Weiss WP. Effect of source of trace minerals in either forage-or by-product-based diets fed to dairy cows: 1. Production and macronutrient digestibility. *J Dairy Sci.* 2017;100(7):5358-5367. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12095>
7. Hackbart KS, Ferreira RM, Dietsche AA, Socha MT, Shaver RD, Wiltbank MC, Fricke PM. Effect of dietary organic zinc, manganese, copper, and cobalt supplementation on milk production, follicular growth, embryo quality, and tissue mineral concentrations in dairy cows. *J Anim Sci.* 2010;88(12):3856-3870. doi: [10.2527/jas.2010-3055](https://doi.org/10.2527/jas.2010-3055)
8. Hidiroglou M. Trace element deficiencies and fertility in ruminants: a review. *J Dairy Sci.* 1979;62(8):1195-1206. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(79\)83400-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(79)83400-1)
9. Kellogg DW, Tomlinson DJ, Socha MT, Johnson AB. Review: Effects of zinc methionine complex on milk production and somatic cell count of dairy cows: Twelve-trial summary. *Prof Anim Sci.* 2004;20(4):295-301. doi: [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31318-8](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31318-8)
10. Kincaid RL, Socha MT. Inorganic versus complexed trace mineral supplements on performance of dairy cows. *Prof Anim Sci.* 2004;20(1):66-73. doi: [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31274-2](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31274-2)
11. León-Cruz M, Ramirez-Bribiesca E, Lopez-Arellano R, Miranda-Jiménez L, Rodríguez-Patino G, Díaz-Sánchez V, Revilla-Vázquez A. Trace mineral controlled-release intraruminal boluses. Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.* 2020;11(2):498-516. doi: [10.22319/rmcp.v11i2.5349](https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i2.5349)
12. Mackenzie AM, Moeini MM, Telfer SB. The effect of a copper, cobalt and selenium bolus on fertility and trace element status of dairy cattle. *BSAP Occasional Publication.* 2001;26(2):423-427. doi: <https://doi.org/10.1017/S0263967X00034030>
13. McDowell LR, Arthington JD. Minerals for grazing ruminants in tropical region. Fourth edition. University of Florida. Gainesville, Florida. USA. IFAS; 2005:90 p.
14. Méplan C. Trace elements and ageing, a genomic perspective using selenium as an example. *J Trace Elem Med Biol.* 2011;25(1):S11-S16. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2010.10.002>
15. Nocek JE, Johnson AB, Socha MT. Digital characteristics in commercial dairy herds fed metal-specific amino acid complexes. *J Dairy Sci.* 2000;83(7):1553-1572. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75028-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75028-4)
16. Osorio JS, Trevisi E, Li C, Drackley JK, Socha MT, Looor JJ. Supplementing Zn, Mn, and Cu from amino acid complexes and Co from cobalt glucoheptonate during the periparturient period benefits postparturient cow performance and blood neutrophil function. *J Dairy Sci.* 2016;99(3):1868-1883. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10040>
17. Overton TR, Yasui T. Practical applications of trace minerals for dairy cattle. *J Anim Sci.* 2014;92(2):416-426. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7145>
18. Rabiee AR, Lean IJ, Stevenson MA, Socha MT. Effects of feeding organic trace minerals on milk production and reproductive performance in lactating dairy cows: a meta-analysis. *J Dairy Sci.* 2010;93(9):4239-4251. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3058>

19. Roshanzamir H, Rezaei J, Fazaeli H, Colostrum and milk performance, and blood immunity indices and minerals of Holstein cows receiving organic Mn, Zn and Cu sources. *Animal Nutrition*. 2020;6(1):61-68. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.08.003>
20. Siciliano-Jones JL, Socha MT, Tomlinson DJ, DeFrain JM. Effect of trace mineral source on lactation performance, claw integrity, and fertility of dairy cattle. *J Dairy Sci*. 2008;91(5):1985-1995. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0779>
20. Spears JW, Weiss WP. Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *Vet J*. 2008;176(1):70-76. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.015>
22. Top AMvd. Reviews on the mineral provision in ruminants (IX): Copper metabolism and requirements in ruminants. 41 Cdn, editor. *Edepot.wur.nl/333138: CVB;2005:63 p.*
23. Wu G. Principles of animal nutrition, 1th ed. Boca Raton: CRC Press: Taylor and Francis Group, LLC; 2018: 800 p. doi: <https://doi.org/10.1201/9781315120065>

Информация об авторах:

Джордж Влад Гойлян, аспирант, кафедра токсикологии, факультет ветеринарной медицины, Университет естественных наук «Король Румынии Мишель I» из Тимишоары, Тимишоара, 300645, Тимишоара, Румыния, Каля Арадулуй 119

Кристина Теодор Ромео, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой токсикологии факультета ветеринарной медицины Университета естественных наук «Король Румынии Мишель I» из Тимишоары, 300645, Тимишоара, Румыния, Каля Арадулуй 119

Дома Александру Октавиан, доктор ветеринарных наук, доцент, Факультет ветеринарной медицины, Университет естественных наук «Король Румынии Мишель I» из Тимишоары, 300645, Тимишоара, Румыния, Каля Арадулуй 119

Думитреску Евгения, доктор медицинских наук, доктор ветеринарных наук, доцент кафедры фармакологии и фармации, факультет ветеринарной медицины, Университет естественных наук им. короля Румынии Михаила I из Тимишоары, 300645, Тимишоара, Румыния, Каля Арадулуй 119

Разван Флорин Морози, аспирант, кафедра фармакологии и фармации, факультет ветеринарной медицины, Университет естественных наук «Король Румынии Мишель I» из Тимишоары, 300645, Тимишоара, Румыния, Каля Арадулуй 119

Диана Мария Деги, Кафедра токсикологии, Факультет ветеринарной медицины, Университет естественных наук «Король Румынии Мишель I» из Тимишоары, Тимишоара, 300645, Тимишоара, Румыния, Каля Арадулуй 119

Серджиу Алич Орасан, Кафедра фармакологии и фармации, Факультет ветеринарной медицины, Университет естественных наук «Король Румынии Мишель I» из Тимишоары, Тимишоара, 300645, Тимишоара, Румыния, Каля Арадулуй 119

Муселин Флорин, доктор ветеринарных наук, магистр наук, доцент кафедры токсикологии факультета ветеринарной медицины Университета естественных наук «Король Румынии Мишель I» из Тимишоары, 300645, Тимишоара, Румыния, Каля Арадулуй 119; Румынская академия - филиал Тимишоара, 300223, Тимишоара, Румыния, Вв. Михай Витеазу 24

Статья поступила в редакцию 12.08.2022; одобрена после рецензирования 19.08.2022; принята к публикации 12.09.2022.