

Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 4. С. 48-55.  
Animal Husbandry and Fodder Production. 2025. Vol. 108. No. 4. P. 48-55.

Научная статья

УДК 636.087.7

doi:10.33284/2658-3135-108-4-48

**Биохимические показатели обмена веществ у молочных коров при добавлении в рацион глицин-хелатных минералов**

Джордж Влад Гойлян<sup>1</sup>, Александру Октавиан Дома<sup>2</sup>, Ромео Теодор Кристина<sup>3</sup>,

Евгения Думитреску<sup>4</sup>, Михай Фолеску<sup>5</sup>, Дайана Кокош<sup>6</sup>, Флорин Муселин<sup>7,8</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup>Университет естественных наук «Король Румынии Мишель I» из Тимишоары, Тимишоара, Румыния

<sup>8</sup>Рабочая группа по ксенобиохимии, Филиал Румынской академии в Тимишоаре, Тимишоара, Румыния

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-5252-6969>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-5420-1516>

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

<sup>5</sup><https://orcid.org/0009-0005-5343-4245>

<sup>6</sup><https://orcid.org/0009-0007-9308-626X>

<sup>7,8</sup>[floin.muselin@gmail.com](mailto:floin.muselin@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-2907-4233>

**Аннотация.** В статье представлены данные о влиянии некоторых микроэлементных добавок на показатели обмена веществ молочных коров, получавших хелатные минералы с глицином. Исследование проводилось на тридцати лактирующих полновозрастных (возрастом около 62±4,5 месяцев) голштинских коровах, которые были случайным образом разделены на две группы: контрольную (С), получавшую основной рацион без минеральных добавок с глицином, и одну экспериментальную группу (Е), получавшую глицин-хелатные добавки в дозах 15 мг/кг меди (Cu), 20 мг/кг марганца (Mn), 60 мг/кг цинка (Zn) и 100 мг/кг железа (Fe), вносимых в концентрированный корм. Эксперимент проводился с 30-го по 100-й день лактации, в котором определялись уровни калия (K), фосфора (P), глюкозы (Glu), аспаратаминотрансферазы (AST), щелочной фосфатазы (ALP), общего белка (TP), альбумина (ALB), мочевины (U) и креатинин (CRE). В опытной группе при включении минеральных добавок с глицином мы наблюдали значительное ( $p<0,05$ ) снижение содержания K и P, незначительное снижение глюкозы и мочевины, а также значительное ( $p<0,01$ ) снижение показателей печени, таких как АСТ и ЩФ по сравнению с контролем. Также было отмечено незначительное увеличение общего белка (TP), альбуминов (ALB) и креатинина (CRE) в опытной группе по сравнению с контролем. Мы пришли к выводу, что добавление хелатированных минералов молочным коровам может оказать благотворное влияние на основные биохимические параметры обмена веществ, что требует дальнейших исследований в долгосрочной перспективе.

**Ключевые слова:** параметры обмена веществ, молочные коровы, добавки, минералы, хелат глицина

**Для цитирования:** Биохимические показатели обмена веществ у молочных коров при добавлении в рацион глицин-хелатных минералов / Д.В. Гойлян, А.О. Дома, Р.Т. Кристина, Е. Думитреску, М. Фолеску, Д. Кокош, Ф. Муселин // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 4. С. 48-55. [Goilean GV, Doma AO, Cristina RT, Dumitrescu E, Folescu M, Cocos D, Muselin F. The values of some biochemical metabolic parameters in dairy cows supplemented with glycine chelated minerals. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(4):48-55. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-4-48>

**Введение.**

Метаболический профиль, также известный как биохимическое профилирование, является важным инструментом диагностики здоровья молочных коров с помощью анализа различных метаболитов в крови. Этот анализ предоставляет информацию о уровне кормления и обмена

веществ животного, помогая выявить такие состояния, как кетоз, жировая дистрофия печени, гипокальциемия и другие распространенные нарушения метаболизма у высокопродуктивного молочного скота (Kuhn M et al., 2006).

Как правило, профиль представляет собой измерения в крови уровня глюкозы, неэтерифицированных жирных кислот (NEFA), бета-гидроксибутирата (BHBA), кальция, фосфора и ферментов печени, которые в совокупности отражают энергетический баланс, минеральный статус и функцию органов (Oetzel GR, 2017).

Раннее выявление нарушений обмена веществ с помощью биохимического анализа позволяет оперативно принимать меры, тем самым улучшая благополучие животных, продуктивность и воспроизводительные качества. В связи с этим метаболический профиль является важным компонентом контроля здоровья молочного стада, особенно в период лактации, когда коровы наиболее уязвимы к нарушениям обмена веществ (Grum DJ et al., 2018).

#### Цель исследования.

Изучить влияние кормовых добавок, содержащих глицин-хелатные минералы, метаболический профиль молочных коров.

#### Материалы и методы исследования.

**Объект исследования.** Полновозрастные молочные коровы голштинской породы живой массой  $462 \pm 23$  кг.

Экспериментальные процедуры и критерии отбора животных были одобрены Научным комитетом (решение № 62 от 15.11.2020) и соответствовали Директиве ЕС об экспериментах на животных (Директива 2010/63/ЕС).

**Схема эксперимента.** Исследование проводилось на 30 полновозрастных молочных коровах голштинской породы, средний возраст которых составлял приблизительно  $62 \pm 4,5$  месяца. Коровы содержались отдельно в стойлах на частном сельскохозяйственном предприятии в уезде Бихор, Румыния. Коров случайным образом разделили на две группы по 15 животных в каждой: контрольную группу (С), которую кормили основным рационом без минеральных добавок с глицином, и экспериментальную группу (Е), которая получала глицин-хелатированные медь, цинк, марганец и железо (E.C.O. Trace®, Biochem, Германия) в дозах: Cu – 15 мг/кг концентрированного корма, Zn – 60 мг/кг, Mn – 20 мг/кг и Fe – 100 мг/кг.

Эксперимент продолжался с 30-го по 100-й день лактации. Кормление проводилось дважды в день, индивидуально по разработанным ранее рационам (Goilean G et al., 2022, 2004). Химический состав рациона представлен в таблице 1.

Таблица 1. Содержание питательных веществ и энергии в рационе молочных коров

Показатель	Единица измерения	Значение
Сухое вещество	%	48.2
Сырой протеин	%	16.96
Переваримый протеин	% от сырого протеина	49.5
Обменная энергия	мкал/кг	1.65
Ca	%	1.02
P	%	0.31
Mg	%	0.38
K	%	1.07
Na	%	0.33
Cl	%	0.32
Витамин А	МЕ/кг	11 400
Витамин D	МЕ/кг	3100
Витамин E	МЕ/кг	35200
Fe	мг/кг	208.33
Zn	мг/кг	26.91
Cu	мг/кг	9.14
Mn	мг/кг	24.27
Se	мг/кг	0.19

В конце экспериментального периода отбирали образцы крови, которую выдерживали до образования сгустка для получения сыворотки, центрифугировали, а затем проводили биохимические анализы сыворотки с использованием анализатора Randox RX Daytona со специальными наборами для определения калия (K), фосфора (P), глюкозы (Glu), аспартатаминотрансферазы (AST), щелочной фосфатазы (ALP), общего белка (TP), альбумина (ALB), мочевины (U) и креатинина (CRE).

**Статистическая обработка.** Показатели выражены как среднее значение  $\pm$  SD (стандартное отклонение). Для оценки различий между исследуемыми группами использовали однофакторный дисперсионный анализ и множественный t-критерий с поправкой Уэлча по методу Холма-Сидака, считая различия статистически значимыми при  $p < 0,05$  или менее. В качестве статистического программного обеспечения использовалось GraphPad Prism 9.2 для Windows (GraphPad Software, Сан-Диего, США).

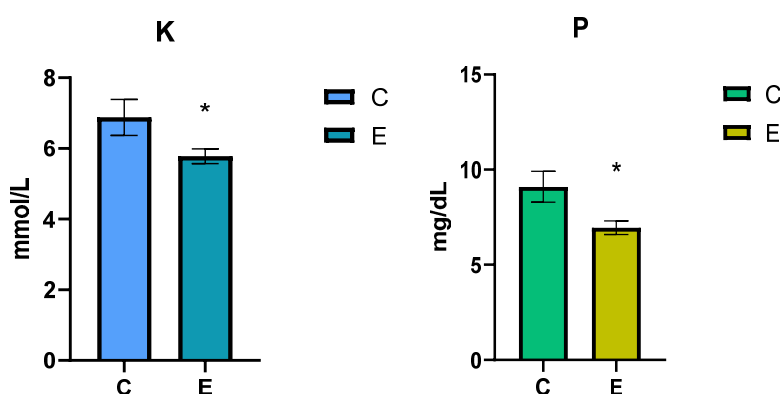
### Результаты исследования.

Результаты исследования представлены в таблице 2 и рисунках 1-5.

Таблица 2. Динамика показателей обмена веществ у дойных коров с добавлением и без добавления минеральных веществ

Показатель	Контроль С, $X \pm Sx$	Опытная Е, $X \pm Sx$
Калий (ммоль/л)	6.88 $\pm$ 0.51	5.78 $\pm$ 0.21 *
Фосфор (мг/дл)	9.11 $\pm$ 0.81	6.95 $\pm$ 0.36 *
Глюкоза (мг/дл)	57.52 $\pm$ 0.89	55.89 $\pm$ 0.71
АСТ (МЕ/л) /	144.4 $\pm$ 21.75	110.20 $\pm$ 20.17 **
Щелочная фосфатаза (МЕ/л)	205.07 $\pm$ 24.01	127.14 $\pm$ 8.39 **
Общий белок (г/дл)	6.42 $\pm$ 0.13	6.86 $\pm$ 0.23
Альбумины (г/дл)	3.52 $\pm$ 0.08	3.68 $\pm$ 0.17
Мочевина (мг/дл)	22.60 $\pm$ 0.89	20.60 $\pm$ 1.94
Креатинин (мг/дл)	1.10 $\pm$ 0.03	1.22 $\pm$ 0.08

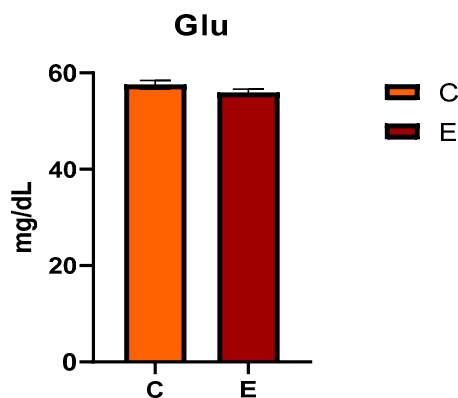
Примечание: разница между опытной и контрольной группами \* –  $p < 0,05$ , \*\* –  $p < 0,01$



Примечание: разница между опытной и контрольной группами \* –  $p < 0,05$

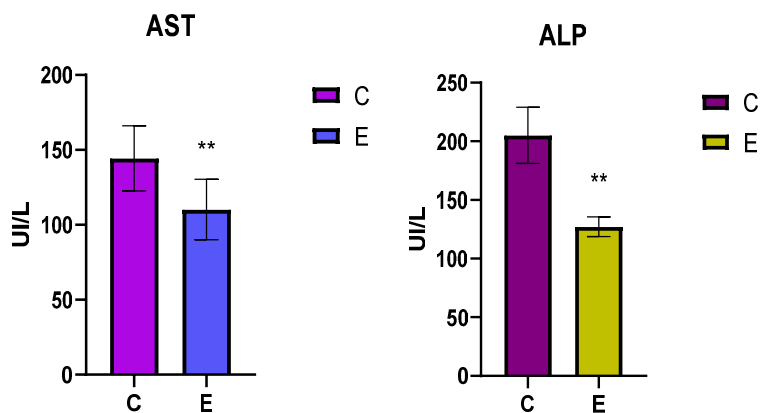
Рисунок 1. Графическое представление содержания калия и фосфора у молочных коров с добавлением или без добавления минералов

Анализируя динамику содержания калия и фосфора в сыворотке крови коров опытной группы, получавших минеральные добавки, мы обнаружили достоверное снижение ( $p<0,05$ ) их уровня (разница между опытной и контрольной группами по калию -15,98 %, фосфору -23,71%).



**Рисунок 2. Графическое представление содержания глюкозы у молочных коров с добавлением или без добавления минералов**

Уровень глюкозы в крови снизился у коров, получавших минеральные добавки с Zn, Cu, Mn и Fe, по сравнению с коровами контрольной группы, снижение, хотя и заметно, но не было статистически значимым ( $p>0,05$ ) (опытная/контрольная -2,89 %).



Примечание: разница между опытной и контрольной группами \*\* –  $p<0,01$   
**Рисунок 3. Графическое представление содержания АСТ и щелочной фосфатазы у молочных коров с добавлением или без добавления минералов**

Наиболее существенное снижение было зафиксировано в показателях АСТ и щелочной фосфатазы, при этом они значительно снизились в группе, получавшей минеральные добавки, по сравнению с коровами контрольной группы (АСТ – разница опытная/контрольная -23,68 %, щелочная фосфатаза – разница опытная/контрольная -38,01%).

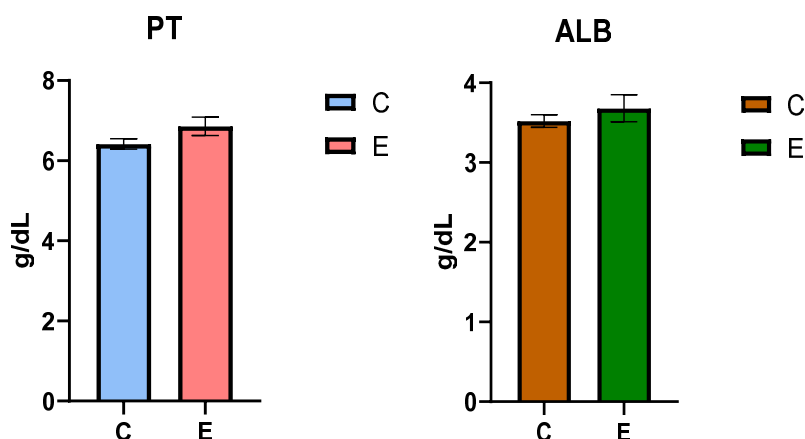


Рисунок 4. Графическое представление содержания общего белка и альбуминов у молочных коров с добавлением или без добавления минералов

Содержание белка в сыворотке крови повысилось у коров, получавших минеральные добавки в составе рациона, по сравнению с коровами контрольной группы, таким образом, повысились как уровень общего белка, так альбумина, однако различия были статистически незначимыми ( $p>0,05$ ) (общий белок – разница опытная/контрольная +6,85 %, альбумины – разница опытная/контрольная +4,54 %).

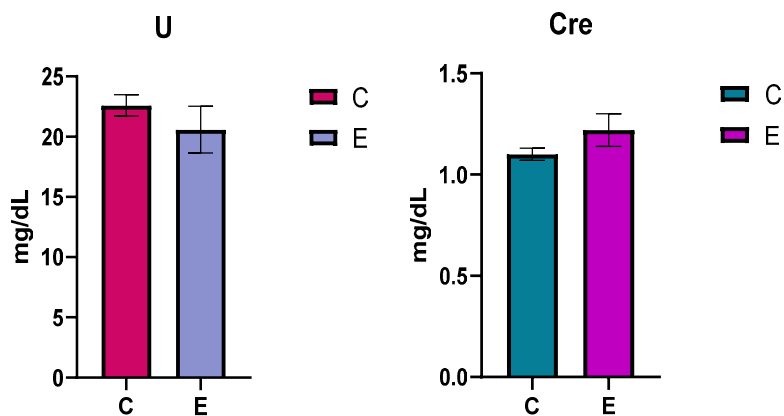


Рисунок 5. Графическое представление содержания мочевины и креатинина у молочных коров с добавлением или без добавления минералов

Содержание мочевины в сыворотке крови у коров, получавших минеральные добавки, незначительно снизилось ( $p>0,05$ ) по сравнению с контрольной группой (разница опытная/контрольная -8,84 %), в то время как содержание креатинина в сыворотке крови незначительно увеличилось в группе, получавшей минеральные добавки, по сравнению с контрольной группой, но это увеличение не было статистически значимым ( $p>0,05$ ) (разница опытная/контрольная +10,91 %).

**Обсуждение полученных результатов.**

Параметры обмена веществ дойных коров являются важнейшими показателями их здоровья, продуктивности и общего благополучия. Недавнее исследование, в котором оценивалось влияние минеральных добавок, таких как медь (Cu), цинк (Zn), марганец (Mn) и железо (Fe), представляет ценную информацию о том, как эти минералы в микроколичествах влияют на биохимический профиль сыворотки крови молочного скота.

Результаты, полученные в ходе исследования влияния минеральных добавок на биохимические показатели дойных коров, согласуются с литературными данными, но также привносят некоторые новые аспекты, которые стоит обсудить. Во-первых, значительное снижение содержания калия и фосфора в сыворотке крови в опытной группе указывает на возможную корректировку минерального обмена в контексте приема минеральных добавок. Это наблюдение согласуется с предыдущими исследованиями, которые показали, что добавки с определенными минералами могут влиять на минеральный гомеостаз сыворотки, но результаты варьируются в зависимости от дозировки и состава. Например, Kincaid с коллегами (2011) сообщили о снижении содержания фосфора в сыворотке крови при приеме минеральных добавок, объяснив это явление эффектом балансировки обмена веществ или мобилизацией минералов из запасов. Mohebbi-Fani M с соавторами (2012) продемонстрировали, что корректировка минерального баланса может влиять на уровень фосфора в сыворотке крови, особенно при оптимизации рациона. Снижение уровня фосфора в сыворотке крови может свидетельствовать об улучшении его использования или уменьшении мобилизации из костной ткани, но клиническая значимость зависит от того, остаются ли эти показатели в пределах физиологической нормы. Аналогичным образом, уровень калия в сыворотке крови строго регулируется; значительное снижение может повлиять на нервно-мышечную функцию, если он упадет ниже критического уровня (Reece WB et al., 2014). Однако, поскольку показатели оставались выше пороговых значений дефицита, эти изменения, скорее всего, указывают на метаболические перестройки, а не на патологию.

Глюкоза является основным источником энергии, и ее регуляция имеет решающее значение для лактации коров для сохранения молочной продуктивности. Микроэлементы, такие как Zn и Mn, являются кофакторами ферментов, участвующих в углеводном обмене (Kelley KT et al., 2011). Хотя снижение не было статистически значимым, это говорит о том, что минеральные добавки могут незначительно влиять на метаболизм глюкозы. Уровень глюкозы в крови, хотя и снизился на 2,89 %, но изменения не были статистически значимыми, что позволяет предположить незначительное влияние добавок Zn, Cu, Mn и Fe на метаболизм глюкозы в условиях нашего исследования. В литературе указывается, что минеральный статус может влиять на чувствительность к инсулину и использование глюкозы. Например, марганец имеет решающее значение для синтеза и активности инсулина (Li L et al., 2018). В существующей литературе влияние минералов на уровень глюкозы в крови различно; например, Suttle NF (2010) сообщил, что цинк играет важную роль в функционировании инсулина и метаболизме глюкозы, но на эффекты могут влиять вводимая доза и исходное состояние животных (Suttle NF, 2010). Таким образом, отсутствие существенной разницы в нашем случае может быть связано с дозой или продолжительностью исследования.

Примечательным аспектом является значительное снижение уровня ферментов печени АСТ и ЩФ, что указывает на возможное улучшение работы органа или снижение нагрузки после приема минеральных добавок. Повышенные уровни этих ферментов часто связаны с нагрузкой на печень или восстановлением костной ткани (Lala V et al., 2025). Эти результаты согласуются с исследованиями Sato J и соавторов (2005), в которых подчеркивалось, что адекватная минерализация может помочь снизить окислительный стресс и повреждение печени у крупного рогатого скота. Кроме того, снижение уровня ферментов может свидетельствовать об улучшении состояния печени, что важно для общего обмена веществ и продуктивности.

Уровень белка в сыворотке крови, включая общий и альбумин, незначительно повысился. Однако эта тенденция может свидетельствовать о благоприятном влиянии минеральных добавок на синтез белка в печени, что также подтверждается исследованиями Goff JP (2004), который подчеркнул, что такие минералы, как цинк и медь, играют решающую роль в иммунной функции и синтезе белка. Белки, такие как альбумин, являются индикаторами пищевого статуса и синтетической способности печени (Reese WB et al., 2014). Незначительное повышение уровня цинка в крови свидетельствует о возможном улучшении синтеза белка за счет изменения минерального состава, поддерживающего функцию печени. Цинк и медь являются кофакторами для многих ферментов, участвующих в метаболизме аминокислот и синтезе белка (Kelley KT et al., 2011). Таким образом, адекватное минеральное питание может способствовать лучшему усвоению белка, необходимого для синтеза молока и общего состояния здоровья. Аналогичная динамика была отмечена (Klein GS et al., 2025) у молочных коров, которым добавляли цинк и селен.

Незначительное снижение уровня мочевины в сыворотке крови и умеренное повышение креатинина не указывают на серьезное нарушение функции почек, но эти результаты следует интерпретировать с осторожностью, учитывая статистически недостоверные различия. Мочевина является маркером катаболизма белков и азотистого обмена, и ее снижение может свидетельствовать о более эффективном использовании азота (Reese WB et al., 2014). Небольшое повышение уровня креатинина, показателя функции мышечной ткани и почек, остается в пределах нормы, что свидетельствует об отсутствии неблагоприятных последствий для здоровья почек. Исследования, проведенные Cheng L и соавторами (2020), подчеркивают, что минеральные добавки не оказывают негативного влияния на функцию почек при условии адекватности дозы и отсутствия других сопутствующих патологий.

#### **Заключение.**

Полученные данные свидетельствуют о влиянии минеральных добавок с Cu, Zn, Mn и Fe на различные биохимические показатели сыворотки крови молочных коров, что в основном указывает на улучшение метаболического статуса. Значительное снижение уровня ферментов печени (АСТ и ЩФ) свидетельствует об улучшении состояния печени, в то время как стабильность уровня минеральных веществ может отражать оптимизацию минерального баланса. Тенденции в уровнях белка и глюкозы в сыворотке крови, хотя и не являются статистически значимыми, подтверждают гипотезу о том, что адекватное минеральное питание поддерживает метаболические функции, необходимые для производства молока. Добавки Cu, Zn, Mn и Fe, по-видимому, оказывают положительное влияние на ключевые метаболические параметры молочных коров, поддерживая их здоровье и продуктивность.

В перспективе исследования должны быть сосредоточены на более крупных популяциях и долгосрочных эффектах для подтверждения положительного влияния и оптимизации стратегии применения кормовых добавок.

#### **Список источников**

1. Kuhn M, Erhardt GUH. The metabolic profile of dairy cows: applications and limitations. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2006;22(2):253-267.
2. Oetzel GR. Monitoring and managing metabolic health in dairy herds. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2017;33(2):223-244.
3. Grum DJ, Lewis MJ, Berry DP. Metabolic profiling of dairy cows during early lactation: implications for health and productivity. *J Dairy Sci.* 2018;101(4):3476-3488.
4. Goilean G, Cristina R, Doma A, Dumitrescu E, Moruzi R, Degi D, Orăsan S, Muselin F. Effects of glycine chelated Zn, Cu, Mn and Fe supplementation on some milk parameters and serum trace elements levels in dairy cows. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2022;105(3):34-39. doi:10.33284/2658-3135-105-3-34
5. Goilean GV, Cristina RT, Doma AO, Dumitrescu E, Folescu M, Muselin F. Milk trace minerals content in dairy cows supplemented with glycine chelated minerals. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2024;107(4):177-183. doi:10.33284/2658-3135-107-4-177

6. Sato J, Kanata M, Yasuda J, Sato R, Okada K, Seimiya Y, Naito Y. Changes of serum alkaline phosphatase activity in dry and lactational cows. *J Vet Med Sci.* 2005;67(8):813-815. doi: 10.1292/jvms.67.813
7. Mohebbi-Fani M, Azadnia P. The effect of subcutaneous injection of calcium borogluconate on serum levels of calcium, phosphorus and magnesium in newly calved cows. *Comp Clin Pathol.* 2012;21:1647-1652. <https://doi.org/10.1007/s00580-011-1342-0>
8. Reece WB, Miller SP, Drackley JK. *Physiology of Dairy Cows*. 2nd ed. Blackwell Publishing; 2014.
9. Kelley KT, et al. Role of trace minerals in immune function. *Vet Immunol Immunopathol.* 2011;142(3-4):182-189.
10. Li L, Yang X. The essential element manganese, oxidative stress, and metabolic diseases: links and interactions. *Oxid Med Cell Longev.* 2018;2018:7580707. doi: 10.1155/2018/7580707
11. Suttle NF. *Mineral Nutrition of Livestock*. 4<sup>th</sup> Edition, CABI Publishing; 2010:587 p.
12. Lala V, Zubair M, Minter DA. Liver Function Tests. [Updated 2023 Jul 30]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482489/>
13. Goff JP. Macromineral disorders of the transition cow. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2004;20(3):471-494. doi: 10.1016/j.cvfa.2004.06.003
14. Klein GS, Leal KW, Rodrigues CA, Draszevski TMR, Brunetto ALR, Vitt MG, Klein MS, Cauduro VH, Flores EMM, da Silva GB, et al. Organic zinc and selenium supplementation of late lactation dairy cows: effects on milk and serum minerals bioavailability, animal health and milk quality. *Animals (Basel).* 2025;15(4):499. <https://doi.org/10.3390/ani15040499>
15. Cheng L, Guevellou PA, Zhong R, Cullen BR, Desfreres J, Jhaji RK, Talukder S. Effects of mineral supplementation on cattle performance when grazed mature wheat. *Journal of Applied Animal Research.* 2020;48(1):587-592. <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1844209>

**Информация об авторах:**

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

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

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

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

**Михай Фолеску**, аспирант кафедры фармакологии и фармации факультета ветеринарной медицины, Университет естественных наук «Король Румынии Мишель I» из Тимишоары, 300645, Тимишоара, Румыния, Каля Арадулуй 119.

**Дайана Кокош**, аспирант, доцент кафедры биохимии факультета ветеринарной медицины Университета естественных наук «Король Румынии Мишель I», Тимишоара, 300645, Тимишоара, Румыния Каля Арадулуй 119.

**Флорин Муселин**, 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, В. Михай Витеазу 24.

Статья поступила в редакцию 08.07.2025; одобрена после рецензирования 22.09.2025; принята к публикации 15.12.2025.