

Original Article

Effect of inorganic and organic trace mineral supplementation on some hematological and biochemical parameters in the serum of Romanov rams

Sayyed Mohammad Hadi Hussaini¹, Ahmad Zare Shahneh^{1*}, Mahdi Zhandi¹,
Kamran Rezayazdi¹

1. Department of Animal Science, faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Received: 2025.01.13

Accepted: 2025.03.08

Revised: 2025.03.04

Published: 2025.10.01

* E-mail: azareh@ut.ac.ir

Abstract

Introduction: Trace mineral elements play a crucial role in maintaining health, natural metabolic balance, and growth in livestock. These minerals participate in biochemical mechanisms as structural elements and regulators across nearly all metabolic processes. They are present in most body cells either as catalysts or as components of enzymatic systems.

Objectives: This study aimed to evaluate the effect of inorganic and organic trace mineral supplementation on selected hematological and biochemical parameters in the serum of Romanov rams. **Materials and methods:** The study was conducted on 18 Romanov rams (average weight: 57.5 ± 2.5 kg; average age: 2.5 years) in a completely randomized design with three treatments (1: control, 2: inorganic, 3: organic) and six replicates. Blood samples were collected from the jugular vein on days 0, 40, and 80 of the experiment to evaluate hematological and biochemical parameters. **Results:** The results showed that hemoglobin levels, monocyte counts, and cholesterol levels were significantly higher in the inorganic and organic treatments compared to the control group ($P < 0.05$). Additionally, aspartate aminotransferase levels were significantly lower in the inorganic and organic treatments than in the control group ($P < 0.05$), whereas the other parameters were not affected by the experimental treatments. **Conclusion:** Overall, the results of this study indicate that supplementation with trace elements, regardless of their type (inorganic or organic), can influence certain hematological and biochemical parameters related to health in rams.

Keywords: organic, biochemical, hematological, inorganic, trace minerals



Authors retain the copyright and full publishing rights.

Published by [Razi Vaccine & Serum Research Institute](#) This article is an open access article licensed under the [Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](#)

اثر مکمل مواد معدنی کم مصرف غیر آلی و آلی بر برخی فراسنجه های خون شناسی و بیوشیمیایی سرم قوچ های رومانوف

سید محمد هادی حسینی^۱، احمد زارع شهنه^{۱*}، مهدی ژندی^۱، کامران رضایزدی^۱

۱. گروه علوم دامی، دانشکده گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران



تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۱۴

* E-mail: azareh@ut.ac.ir

چکیده

مقدمه: عناصر معدنی کم مصرف نقش مهمی در حفظ سلامت، تعادل متابولیکی طبیعی و رشد دام دارد. مواد معدنی در تمام سازوکارهای بیوشیمیایی به عنوان عناصر ساختاری و در تقریباً تمام فرایندهای متابولیکی به عنوان تنظیم کننده دخیل اند و در بیشتر سلول های بدن یا به صورت کاتالیزور یا جزئی از سیستم های آنزیمی حضور دارند. **هدف:** این مطالعه با هدف بررسی اثر مکمل مواد معدنی کم مصرف غیر آلی و آلی بر برخی فراسنجه های خون شناسی و بیوشیمیایی سرم قوچ های رومانوف انجام شد. **روش کار:** این مطالعه با استفاده از ۱۸ رأس قوچ نژاد رومانوف با میانگین وزنی $2/5 \pm 57/5$ و میانگین سنی ۲/۵ سال و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار (یک: شاهد، دو: غیر آلی و سه: آلی) و شش تکرار انجام شد. نمونه های خون در روزهای صفر، ۴۰ و ۸۰ آزمایش برای ارزیابی فراسنجه های خون شناسی و فراسنجه های بیوشیمیایی، از رگ گردنی قوچ ها جمع آوری شد. **یافته ها:** نتایج این مطالعه نشان داد که هموگلوبین، مونوسیت و کلسترول در تیمارهای غیر آلی و آلی نسبت به گروه شاهد به طور معناداری بالاتر بود ($P < 0/05$). همچنین آسپارتات آمینوترانسفراز به طور معناداری در تیمارهای غیر آلی و آلی نسبت به گروه شاهد کمتر بود ($P < 0/05$)، در حالی که دیگر فراسنجه ها تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند. **نتیجه گیری:** به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که مکمل عناصر کم مصرف، صرف نظر از نوع آن (غیر آلی و آلی) می تواند برخی فراسنجه های مربوط به خون شناسی و بیوشیمیایی مرتبط با سلامت را در قوچ تحت تأثیر قرار دهد.

کلمات کلیدی: آلی، بیوشیمیایی، خون شناسی، غیر آلی، مواد معدنی کم مصرف

مقدمه

نشخوارکنندگان کوچک به دلیل مزایای مختلف، از جمله سرمایه‌گذاری مالی اندک و داشتن تولیدمثل و چرخه پروراندی سریع در مقایسه با گاو، به‌طور گسترده‌ای پرورش داده می‌شوند. این حیوانات در مقایسه با گاو، بازگشت سرمایه سریع‌تری دارند و به جریان‌های مالی کوتاه‌مدت کمک می‌کنند (۱). از مهم‌ترین عواملی که برای عملکرد تولیدی و تولیدمثلی مناسب و همچنین جلوگیری از تلفات احتمالی در گله‌های گوسفند ضروری است، مدیریت تغذیه‌ای گله است که در تغذیه آن‌ها باید مصرف کافی از تمام مواد معدنی، ویتامین‌ها و ریزمغذی‌های مهم رعایت شود (۲). بیشتر عناصر و به‌ویژه عناصر معدنی کم‌مصرف نقش مهمی در حفظ سلامت، تعادل متابولیکی طبیعی و رشد دام ایفا می‌کنند. مواد معدنی در تمام سازوکارهای بیوشیمیایی به‌عنوان عناصر ساختاری و در تقریباً تمام فرایندهای متابولیکی به‌عنوان تنظیم‌کننده دخیل‌اند و در بیشتر سلول‌های بدن یا به‌صورت کاتالیزور یا جزئی از سیستم‌های آنزیمی حضور دارند (۳). بنابراین کمبود تغذیه متعادل از نظر مواد معدنی در دام‌های سبک می‌تواند مانعی برای بهبود عملکرد تولیدی، تولیدمثلی و سلامت آن‌ها باشد. استفاده نامتناسب از عناصر کم‌مصرف نه تنها می‌تواند برای فیزیولوژی طبیعی و تنظیم سیستم ایمنی دام مشکل ایجاد کند، بلکه باعث بسیاری از بیماری‌ها نیز می‌شود (۴). طی سال‌های اخیر، به‌طور فزاینده‌ای از منابع معدنی آلی به‌جای منابع معدنی غیرآلی استفاده شده است، زیرا ادعا شده که مزایای مواد معدنی آلی بیشتر از شکل غیرآلی آن است، به‌طوری که در برابر فعل و انفعالات ناخواسته در دستگاه گوارش بهتر محافظت می‌شوند و همچنین زیست‌فراهمی آن‌ها بالاتر است (۵). به‌طور معمول، تعداد قوچ استفاده‌شده در گله نسبت به میش بسیار کمتر است (به‌طور تقریبی یک رأس قوچ به‌ازای ۳۰ تا ۵۰ رأس میش استفاده می‌شود) (۶) یا تعداد زیادی میش با استفاده از تلقیح مصنوعی آبستن می‌شوند (۷)؛ بنابراین حفظ سلامت عمومی قوچ همراه با دیگر عوامل مربوط به باروری گله مانند سلامت و کیفیت تولیدمثل قوچ، باعث بهبود و حفظ کلی باروری گله و در نهایت بهبود شرایط اقتصادی گله می‌شود. پژوهش‌های کلینیکوپاتولوژیک، بخش جدایی‌ناپذیری از ارزیابی وضعیت سلامت نشخوارکنندگان است، به‌طوری که این تحقیقات یک روش عینی برای ارزیابی رفاه حیوانات نیز در نظر گرفته می‌شوند (۸). فراسنجه‌های هماتولوژیکی فراسنجه‌هایی هستند که به خون و اندام‌های خون‌ساز مربوط می‌شوند و برای ارزیابی وضعیت سلامت و شرایط فیزیولوژیک حیوانات از اهمیت بالایی برخوردارند (۹). تغییرات اولیه در فراسنجه‌های هماتولوژیکی ناشی از اختلالات درون سیستم خون‌ساز است، درحالی‌که تغییرات ثانویه هماتولوژیکی معمولاً نتیجه ناهنجاری‌های مربوط به دیگر سیستم‌های بدن است. بنابراین، ارزیابی هماتولوژیکی می‌تواند سرنخ‌های

تشخیصی مهمی برای بسیاری از شرایط متنوع در دام فراهم کند (۱۰). علاوه‌بر فراسنجه‌های هماتولوژیکی، فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون نیز می‌تواند شاخصی برای وضعیت سلامت دام، تشخیص بیماری و نظارت بر درمان آن باشد (۱۱). پروفایل بیوشیمیایی خون اطلاعات قابل اعتمادی درباره وضعیت سلامت دام ارائه می‌دهد و پاسخگویی حیوان به محیط داخلی و خارجی را منعکس می‌کند (۱۲). با توجه به مطالب یادشده، هدف از این مطالعه بررسی اثر مکمل مواد معدنی کم‌مصرف غیرآلی و مکمل مواد معدنی کم‌مصرف آلی (Bonzaplex7) بر فراسنجه‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی سرم قوچ‌های رومانوف بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مزرعه تجاری شرکت دام‌گستر پیشگام واقع در روستای امین‌آباد، شهرستان فیروزکوه، استان تهران، به‌مدت ۰۹ روز و از خرداد تا شهریور ۱۴۰۲ انجام شد. در این مطالعه در مجموع از ۱۸ رأس قوچ نژاد رومانوف (میانگین وزنی $2/5 \pm 5/5$ و میانگین سنی دو و نیم سال) استفاده شد. این مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و شش تکرار انجام شد. قوچ‌ها در جایگاه‌های انفرادی با بستر پوشیده از کاه و کلش نگهداری شدند و به‌صورت آزاد به آب تازه دسترسی داشتند. قوچ‌ها به‌طور تصادفی به یکی از سه تیمار زیر اختصاص یافتند: (یک) تیمار شاهد: جیره پایه متوازن‌شده با NRC ۲۰۰۷ (۳۱) (دو) تیمار غیرآلی: جیره پایه به‌علاوه مکمل مواد معدنی کم‌مصرف به شکل غیرآلی (روزانه ۰/۲۹ گرم مواد معدنی غیرآلی در کیلوگرم ماده خشک خوراک به‌ازای هر رأس قوچ، حاوی سولفات روی $115/16$ میلی‌گرم در کیلوگرم با خلوص ۳۱ درصد)، سولفات مس $25/5$ میلی‌گرم در کیلوگرم با خلوص ۲۴ درصد)، اکسید منگنز 98 میلی‌گرم در کیلوگرم با خلوص ۲۰ درصد)، سولفات آهن 20 میلی‌گرم در کیلوگرم با خلوص ۲۸ درصد)، سلنیت سدیم $0/466$ میلی‌گرم در کیلوگرم با خلوص ۴۵ درصد)، اکسید کروم $0/514$ میلی‌گرم در کیلوگرم با خلوص ۶۸ درصد) و سولفات کبالت $5/95$ میلی‌گرم در کیلوگرم با خلوص ۲۰ درصد) و (سه) تیمار آلی: جیره پایه به‌علاوه مکمل مواد معدنی کم‌مصرف مبتنی بر ترکیبات کلات (روزانه ۰/۷ گرم بنزا پلکس ۷ در کیلوگرم ماده خشک خوراک به‌ازای هر رأس قوچ، حاوی عناصر روی $35/7$ میلی‌گرم در کیلوگرم)، مس $12/6$ میلی‌گرم در کیلوگرم)، منگنز $19/6$ میلی‌گرم در کیلوگرم)، آهن $5/6$ میلی‌گرم در کیلوگرم)، سلنیوم $0/21$ میلی‌گرم در کیلوگرم)، کروم $0/35$ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کبالت $1/19$ میلی‌گرم در کیلوگرم)، تولیدشده در شرکت صدور احراز شرق. قوچ‌ها به‌مدت ۹۰ روز در دو نوبت صبح و عصر (۸ صبح و ۷ عصر) تغذیه شدند. جدول ۱ ترکیبات جیره پایه را نشان می‌دهد.

نمونه گیری، e_{ijkl} اثر باقی مانده ها با توزیع نرمال.

جدول ۱- اجزای خوراک پایه براساس درصد ماده خشک

درصد	اجزا
۳۰	دانه ذرت
۶	کنجاله سویا
۵	سبوس گندم
۰/۵	نمک
۱	بتونیت
۱	بیکربنات سدیم
۱	کربنات کلسیم
۱	مکمل معدنی و ویتامینه *
۴۰	یونجه
۱۴	کاه گندم
ترکیبات شیمیایی (درصد)	
۱۲/۲۳	پروتئین خام
۲/۲۸	انرژی قابل متابولیسم
۳۴/۶۱	الیاف نامحلول در شوینده خشی
۲/۹۱	عصاره اتری
۱۲/۱۰	خاکستر
۱۰/۰۳	مس (ppm)
۳۵/۱	روی (ppm)
۵۴/۱۶	منگنز (ppm)
۳۱۱/۵۳	آهن (ppm)

* مکمل مواد معدنی و ویتامینه شامل ۱۵۰۰ میلی گرم منگنز در کیلوگرم ماده خشک، ۱۵۰۰ میلی گرم روی در کیلوگرم ماده خشک، ۳۰۰ میلی گرم مس در کیلوگرم ماده خشک، ۲۰ میلی گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک، ۲۰ میلی گرم سلنیوم در کیلوگرم ماده خشک، ۳۵۰ میلی گرم آهن در کیلوگرم ماده خشک، ۲۵۰۰۰ میلی گرم منیزیم در کیلوگرم ماده خشک، ۷۰۰۰۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم ماده خشک، ۱۰۰۰۰۰ میلی گرم کلسیم در کیلوگرم ماده خشک و ۵۰ میلی گرم ید در کیلوگرم ماده خشک، ۱۰۰۰ میلی گرم آنتی اکسیدان در کیلوگرم ماده خشک، ۱۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۱۵۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D3 و ۶۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین E در هر کیلوگرم ماده خشک است

نتایج و بحث

مواد معدنی نقشی اساسی در فرایندهای فیزیولوژیک بدن جانداران، از جمله نشخوارکنندگان کوچک مانند گوسفند دارند. در بسیاری از آنزیم های اصلی بدن، مانند آنزیم های آنتی اکسیدانی حضور عناصر معدنی

جمع آوری نمونه های خون

نمونه های خون در روزهای صفر، ۴۰ و ۸۰ آزمایش و با استفاده از لوله های تحت خلأ دارای ماده ضد انعقادی هپارین و بدون ماده ضد انعقادی به ترتیب برای ارزیابی فراسنجه های خون شناسی و فراسنجه های بیوشیمیایی خون از رگ گردنی قوچ ها جمع آوری شدند. نمونه های مربوط به ارزیابی های خون شناسی بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و ارزیابی شدند. نمونه های خون جمع آوری شده در لوله های تحت خلأ بدون ماده ضد انعقادی پس از انتقال به آزمایشگاه در 4°C به مدت ۱۵ دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ شدند و سپس مایع رویی (سرم) در لوله های ۲ میلی لیتری جداسازی و در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد منجمد شدند تا در مراحل بعدی برای ارزیابی فراسنجه های بیوشیمیایی خون استفاده شوند.

ارزیابی فراسنجه های خون شناسی

نمونه های جمع آوری شده در لوله های تحت خلأ حاوی ماده ضد انعقادی هپارین برای سنجش گلبول های قرمز، هموگلوبین، میانگین هموگلوبین گلوبولی، حجم فشرده سلولی، گلبول های سفید، لنفوسیت، مونوسیت، نوتروفیل و ائوزینوفیل با استفاده از دستگاه آنالایزر خون شناسی دام پزشکی (Exigo H400, Sweden) استفاده شدند (۱۴).

ارزیابی فراسنجه های بیوشیمیایی خون و آنزیم های کبدی

سرم های منجمد پس از ذوب شدن برای ارزیابی فراسنجه های پروتئین کل، گلوکز، تری گلیسیرید، کلسترول، آلبومین، اوره، لیپوپروتئین های با چگالی پایین و آنزیم های کبدی آلانین آمینوترانسفراز، آسپاراتات آمینوترانسفراز و آلکالین فسفاتاز استفاده شدند. برای این منظور از کیت های تجاری شرکت پارس آزمون و دستگاه میکروپلیت ریدر اتومات EON-BIOTEK, America استفاده شد (۱۵).

تحلیل آماری

توزیع نرمال باقی مانده ها با استفاده از رویه Univariate آزمون شاپیرووولیک در نرم افزار SAS 9.1 (2001, Institute Inc., Cary, NC, USA) بررسی شد. برای تحلیل داده های تکرارشونده در زمان از رویه MIXED استفاده شد. از آزمون توکی برای مقایسه میانگین ها در سطح معناداری پنج درصد استفاده شد و نتایج به صورت میانگین حداقل مربعات بیان شدند. داده های تکرارشونده در زمان در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از مدل آماری زیر تحلیل شد:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + b(W_i - W)_k + \delta(A)_{il} + (AB)_{ij} + e_{ijkl}$$

متغیر وابسته، Y_{ijkl} میانگین جمعیت، A_i اثر ثابت تیمار، B_j آزمون روز نمونه گیری به عنوان عامل تکرارشونده، $b(W_i - W)_k$ اثر کواریت، $\delta(A)_{il}$ اثر تصادفی هر حیوان درون تیمار، $(AB)_{ij}$ اثر متقابل تیمار در زمان

($P > 0/05$)، درحالی که هموگلوبین و مونوسیت در تیمارهای غیرآلی و آلی نسبت به گروه شاهد به طور معناداری بالاتر بود ($P < 0/05$).

برخی مطالعات اثر مکمل سازی مواد معدنی را بر متابولیت ها و فراسنجه های خونی بره و بزغاله بررسی کرده بودند که عدم تأثیر آن بر هموگلوبین و مونوسیت و تأثیر معنادار آن بر لنفوسیت را گزارش کرده بودند که با نتایج این مطالعه مطابقت نداشت (۱۵،۱۶). اما همسو با نتایج به دست آمده در این پژوهش مودگال و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که افزودن مکمل مواد معدنی به جیره گاومیش تأثیری بر حجم فشرده سلولی، لنفوسیت، نوتروفیل و ائوزینوفیل نداشت، اگرچه درصد مونوسیت را افزایش داده بود (۷۱). همچنین سیفعلی نسب و همکاران (۲۰۲۲) بیان کردند که افزودن مکمل مواد معدنی آلی به جیره بره ها در مراحل پایانی دوره پرور تأثیری بر گلبول های قرمز، گلبول های سفید، لنفوسیت و نوتروفیل ندارد (۱۸). در این مطالعه از مکمل تجاری حاوی همه مواد معدنی کمیاب برای تأمین نیازهای گوسفند استفاده شد. اگرچه ارزیابی های مربوط به هر عنصر جداگانه بررسی نشده و به طور دقیق مشخص نیست که نتایج ناشی از اثر کدام عنصر موجود در مکمل است، اما سازوکارهای احتمالی برای این نتایج می تواند به دلایل ذکر شده در ادامه باشد.

مشخص شده است که کمبود مواد معدنی در جیره گوسفندان باعث کاهش هموگلوبین گلبولی، گلبول های قرمز، گلبول های سفید، لنفوسیت و ائوزینوفیل می شود (۱۹). کاهش گلبول های قرمز خون و حجم فشرده سلولی در موش های صحرایی دچار کمبود روی نیز گزارش شده است (۲۰). گزارش شده است که کمبود روی در رژیم غذایی موش های صحرایی باعث افزایش شکنندگی اسمزی گلبول های قرمز شد و آسیب اکسیداتیو عامل اختلال در پایداری گلبول های قرمز و در نتیجه کاهش حجم فشرده سلولی است (۱۲). همچنین، ابراهیم و همکاران (۲۰۱۶) اظهار کردند که کمبود روی ممکن است باعث اختلال در تکثیر سلولی و سنتز پروتئین و در نتیجه کاهش تولید سلول های خونی شود (۲۲). به خوبی بیان شده که آهن جزء اصلی هموگلوبین است (پروتئینی در گلبول های قرمز خون که مسئول حمل اکسیژن در سراسر بدن است). کمبود آهن، شایع ترین علت کم خونی است، وضعیتی که با کاهش سطح هموگلوبین مشخص می شود. همچنین مس برای جذب و استفاده صحیح از آهن ضروری است. افزون بر این، مس در تشکیل هم، که بخش حاوی آهن هموگلوبین است، نقش دارد. مس جزء مهمی در آنزیم های فروکسیداز، هفائستین و سرولوپلاسمین است. هفائستین در مخاط دوازدهه قرار دارد و به اکسیداسیون آهن فروس آزاد شده از فروپورتین سلول های روده، به آهن فریک کمک می کند. آهن فریک سپس به آپوترانسفرین متصل و وارد گردش خون می شود و در نهایت به ترانسفرین متصل شده و در سنتز هموگلوبین نقش دارد. سرولوپلاسمین برای انتقال آهن از مونوسیت

به عنوان بخشی از ساختار آن ها نشان دهنده اهمیت این عناصر در فرایندهای زیستی بدن دارد. پژوهش های پیشین نشان داده است که در مواردی، تغذیه گوسفندان براساس نیازهای مواد مغذی پیش بینی شده، ناکافی بوده و ارائه درصد بالاتری از آن ها ممکن است مزایایی داشته باشد. واردات گوسفندان با صفات تولیدمثلی و تولیدی بالا مانند قوچ های رومانوف به کشور مزایا و معایبی داشته است. اینکه چه میزان این دام ها با شرایط محیطی و تغذیه ای گوسفندان ایرانی سازگارند و چه میزان نسبت به بیماری های بومی ایران مقاومت دارند موضوعاتی است که مستلزم بررسی عمیق علمی است. در هر صورت، جمعیت دامی کشور با حیوانات جدیدی مواجه اند که از نظر ژنتیکی، تغذیه ای و فیزیولوژیکی تا حد زیادی با گوسفندان ایرانی متفاوت اند. این موضوع نشان می دهد که مطالعه درباره خصوصیات فیزیولوژیکی، تولیدی و تولیدمثلی آن ها به منظور حداکثر بهره برداری از این حیوانات امری ضروری است.

در ارتباط با تأمین نیازهای گوسفند به مواد معدنی، نوع ماده معدنی گنجانده شده در جیره تأثیر بسزایی بر زیست فراهمی آن برای حیوان دارد و از این رو، گفته می شود که مواد معدنی به شکل آلی مانند کیلات ها، اثربخشی بالاتری دارند. نکته مهم دیگر در خصوص تأمین مواد معدنی، ترکیب ماده معدنی ارائه شده است. در حالت عادی، مجموعه ای از مواد معدنی از طریق ترکیبات جیره یا مکمل های معدنی در اختیار دام ها قرار می گیرد. بسیاری از مواد معدنی اثرات هم کنش افزا داشته، اما بسیاری دیگر برهم کنش منفی دارند. بنابراین، تولیدکنندگان مکمل های معدنی با در نظر گرفتن نیازهای تغذیه ای حیوان مورد نظر و همچنین محدودیت های مصرف آن ها نسبت به تنظیم، تولید و تجاری سازی آن ها غالباً به صورت ترکیبی از چندین ماده معدنی اقدام می کنند. اگرچه در عمل نیز حیوانات به ترکیبی از مواد معدنی نیاز دارند، اما ارائه چندین ماده معدنی در مکمل ها محدودیت بزرگی در تفسیر نتایج حاصل از مطالعات مرتبط با اثربخشی هریک از مواد معدنی موجود در مکمل ها ایجاد خواهد کرد؛ به طوری که نمی توان نتایج حاصل شده را به حضور فقط یکی از عناصر معدنی نسبت داد. از این رو، تفسیر داده های حاصل از این مطالعات کمی دشوار و پیچیده است.

در هر صورت از آنجاکه بررسی تابلوی فراسنجه های خون شناسی و متابولیت های خونی نخستین و ساده ترین مسیر بررسی وضعیت عمومی حیوانات در پاسخ به اعمال تیمارهای تغذیه ای مانند مکمل های معدنی است، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر مکمل سازی مواد معدنی کم مصرف غیرآلی و آلی بر فراسنجه های خون شناسی و بیوشیمیایی سرم قوچ های رومانوف انجام شد. یافته های این مطالعه در خصوص فراسنجه های خون شناسی در جدول ۲ ارائه شده است. گلبول های قرمز، میانگین هموگلوبین گلبولی، حجم فشرده سلولی، گلبول های سفید، لنفوسیت، نوتروفیل و ائوزینوفیل تحت تأثیر تیمارهای مورد استفاده در این مطالعه قرار نگرفتند

– ماکروفاژ به پلاسما ضروری است. کمبود مس به اختلال در آنزیم‌های فروکسیداز منجر می‌شود که باعث اختلال در سنتز هموگلوبین می‌شود (۲۳-۲۵). مودگال و همکاران (۲۰۱۸) نیز تأثیر مثبت مکمل سلیوم و روی را بر تعداد مونوسیت‌های خون که سلول‌هایی فاگوسیت‌کننده هستند نشان دادند (۱۷). تعداد بالاتر سلول‌های فاگوسیت‌کننده تأثیر مثبتی بر سلامت دارد. مطالعات درون‌تنی نیز نشان داده‌اند که کمبود روی به کاهش چسبندگی و حرکت شیمیایی مونوسیت‌ها و نوتروفیل‌های گرانولار و همچنین اختلال در بلوغ و فعالیت ماکروفاژها منجر می‌شود (۲۶). بنابراین، نتایج مطالعات یادشده در رابطه با کمبود مواد معدنی جیره یا مکمل‌سازی جیره با مواد معدنی کم مصرف نشان می‌دهد که احتمالاً در این مطالعه، رژیم غذایی گروه شاهد از نظر مقدار مواد معدنی برای تأمین نیازهای گلوبول قرمز، گلوبول سفید، حجم فشرده سلولی، هموگلوبین گلوبولی، لنفوسیت، نوتروفیل و ائوزینوفیل کافی بوده است، اما تأمین مواد معدنی کم مصرف بیشتر از توصیه‌های NRC می‌تواند مقدار هموگلوبین و مونوسیت را که به‌عنوان شاخص‌های اکسیژن‌رسانی و بخشی از سیستم ایمنی مطرح‌اند به‌طور مثبت تحت تأثیر قرار دهند.

نتایج مربوط به فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون و آنزیم‌های کبدی در جدول ۳ ارائه شده است. یافته‌های این آزمایش نشان داد که پروتئین کل، گلوکز، تری‌گلیسرید، لیپوپروتئین با چگالی پایین، آلبومین، اوره و آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز و آلکالین فسفاتاز تحت تأثیر تیمارهای مورد استفاده در این مطالعه قرار نگرفتند ($P < 0/05$)، درحالی‌که کلسترول و آسپاراتات

آمینوترانسفراز به‌طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند ($P < 0/50$)، به‌طوری‌که غلظت کلسترول در گروه‌های غیر آلی و آلی نسبت به گروه شاهد بالاتر بود و غلظت آنزیم آسپاراتات آمینوترانسفراز در گروه‌های غیر آلی و آلی نسبت به گروه شاهد کمتر بود. این یافته‌ها با نتایج مطالعه ژانگ و همکاران (۲۰۱۴) که نشان دادند مکمل مواد معدنی کم مصرف آلی باعث افزایش قابل توجه پروتئین کل، آلبومین و گلبولین سرم در گوسفندان پرواری شد، همسو نبود (۲۷). اما هم‌راستا با یافته‌های این پژوهش مودگال و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند مکمل سلیوم – روی – مس تأثیری بر گلوکز، پروتئین کل، اوره، آلانین آمینوترانسفراز و آلکالین فسفاتاز سرم خون گاومیش‌های نر نداشت، اگرچه در مطالعه ذکرشده آلبومین تحت تأثیر مکمل معدنی قرار گرفته بود (۲۸). همچنین نتایج مطالعه دیگری نشان داد که مکمل سلیوم و روی آلی اثری بر برخی پارامترهای بیوشیمیایی (گلوکز، پروتئین کل، اوره، آلانین آمینوترانسفراز و لیپوپروتئین‌های با چگالی پایین) سرم خون گاوهای شیری نداشت (۲۹). گفته شده است که بهبود غلظت فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون، نشان‌دهنده فراهم شدن یک محیط تقویت‌کننده ایمنی بوده که می‌تواند در بهبود عملکرد گوسفندان گوشتی نقش‌آفرینی کند. برای نمونه، سلیوم آلی می‌تواند به بهبود عملکرد میکروارگانیزم‌های شکمبه و افزایش بهره‌برداری از آمونیاک در شکمبه کمک کند و از این مسیر، میزان نیتروژن اوره‌ای خون را که برای سنتز پروتئین‌ها قابل به کار می‌روند، افزایش دهد (۷۲). عدم تأثیر تیمارها بر سطح گلوکز سرم در مطالعه حاضر ممکن است

جدول ۲- اثر مکمل‌های معدنی غیر آلی و آلی بر فراسنجه‌های خون‌شناسی فوج (LS mean $\pm$ SEM)

SEM	P-Value		تیمار				فراسنجه‌ها
	تیمار*روز	روز	تیمار	آلی	غیر آلی	شاهد	
۰/۳۰	۰/۶۲	۰/۴۹	۰/۸۱	۸/۶۶	۸/۳۸	۸/۵۰	گلوبول‌های قرمز (10^{12}mL^{-1})
۰/۵۲	<۰/۰۱	۰/۰۱	<۰/۰۱	۱۳/۱۲ ^a	۱۳/۱۵ ^a	۱۰/۱۱ ^b	هموگلوبین (gdL^{-1})
۰/۲۶	۰/۵۵	۰/۹۴	۰/۲۰	۱۲/۴۰	۱۲/۴۹	۱۳/۰۵	میانگین هموگلوبین گلوبولی (pg)
۱/۰۳	۰/۱۹	۰/۶۷	۰/۳۲	۳۶/۱۴	۳۷/۶۴	۳۵/۴۱	حجم فشرده سلولی (%)
۰/۴۳	۰/۹۳	۰/۵۳	۰/۶۶	۹/۱۲	۹/۲۸	۸/۷۴	گلوبول‌های سفید (10^{13}mL^{-1})
۳/۷۳	۰/۳۰	۰/۱۵	۰/۷۴	۴۴/۵۵	۴۶/۲۲	۴۸/۶۶	لنفوسیت (%)
۰/۲۶	۰/۱۴	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۳/۰۵ ^a	۳/۲۷ ^a	۱/۷۷ ^b	مونوسیت (%)
۳/۱۵	۰/۶۶	۰/۳۶	۰/۴۸	۳۶/۶۱	۳۵/۶۱	۳۱/۴۴	نوتروفیل (%)
۰/۵۲	۰/۹۸	۰/۸۷	۰/۹۵	۳/۷۲	۳/۵۵	۳/۵۰	ائوزینوفیل (%)

حروف بالانویس غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنادار است ($P < 0/05$)

جدول ۳- اثر مکمل‌های معدنی غیرآلی و آلی بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی و آنزیمی سرم قوچ (LS mean $\pm$ SEM)

SEM	P-Value		تیمار				فراسنجه‌ها
	تیمار% روز	روز	تیمار	آلی	غیرآلی	شاهد	
۰/۲۶	۰/۶۹	۰/۱۷	۰/۵۰	۷/۲۰	۶/۹۰	۶/۷۸	پروتئین کل (g/dl)
۰/۵۲	۰/۹۳	۰/۴۵	۰/۸۵	۵۰/۴۰	۴۹/۴۳	۴۸/۲۴	گلوکز (mg/dl)
۳/۰۰	۰/۹۸	۰/۴۹	۰/۸۳	۴۵/۱۱	۴۳/۱۵	۴۲/۶۶	تری‌گلیسیرید (mg/dl)
۱/۰۳	۰/۱۷	<۰/۰۱	۰/۰۲	۱۰۰/۲۴ ^a	۱۰۱/۶۶ ^a	۹۰/۷۱ ^b	کلسترول (mg/dl)
۰/۳۶	۰/۹۱	۰/۴۴	۰/۷۱	۳/۷۳	۳/۸۵	۳/۴۳	آلبومین (g/dl)
۱/۶۷	۰/۷۰	۰/۴۱	۰/۶۶	۴۵/۵۶	۴۶/۰۵	۴۷/۶۶	اوره (mg/dl)
۰/۸۸	۰/۹۲	۰/۴۷	۰/۳۸	۱۸/۴۹	۱۷/۶۰	۱۶/۷۰	لیپوپروتئین با چگالی بالا (mg/dl)
۰/۵۳	۰/۴۷	۰/۰۶	۰/۱۰	۲۴/۴۷	۲۵/۸۵	۲۴/۲۷	لیپوپروتئین با چگالی پایین (mg/dl)
۱/۰۷	۰/۹۱	۰/۴۲	۰/۵۲	۲۰/۸۷	۲۲/۴۷	۲۱/۰۶	آلانین آمینو ترانسفراز (U/ml)
۳/۷۷	۰/۱۶	۰/۰۸	۰/۰۳	۱۰۸/۹۴ ^b	۱۰۹/۵۶ ^b	۱۲۲/۹۳ ^a	آسپارات آمینو ترانسفراز (U/ml)
۹/۰۹	۰/۷۹	۰/۴۶	۰/۸۸	۲۶۰/۲۹	۲۶۳/۵۴	۲۵۷/۱۴	آلکالین فسفاتاز (U/ml)

حروف بالانویس غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنادار است ($P < 0/05$)

(۳۳،۳۴)

در این مطالعه تیمارهای مکمل مواد معدنی به افزایش در غلظت کلسترول خون منجر شد. این نتیجه با مطالعاتی که نشان می‌دهد مکمل مواد معدنی می‌تواند غلظت کلسترول سرم را در بره‌های پرواری کاهش دهد، همسو نبود (۱۴). همچنین، کومار و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که سطوح مختلف مکمل خوراکی سلنیوم اثری بر کلسترول سرم خون بره‌ها نداشت (۳۵). اما محمود و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که استفاده از مواد معدنی به صورت تزریقی همراه با ویتامین E می‌تواند باعث افزایش غلظت کلسترول در قوچ شود (۳۶). محل اصلی سنتز کلسترول در بیشتر پستانداران کبد است (۳۷). باین حال، در نشخوارکنندگان محل اصلی سنتز کلسترول، روده باریک و بافت چربی است، به طوری که کبد تنها بخش کوچکی از کلسترول را تولید می‌کند (۳۸). به نظر می‌رسد جذب مس از حفره روده به داخل سلول‌های روده‌ای با سازوکارهایی مشابه کبد انجام شود. بنابراین، این فرضیه مطرح شده است که مکمل مس، به ویژه منابع ارگانیک با دسترسی زیستی بالا، ممکن است سنتز کلسترول را در روده کاهش دهد و در نتیجه به کاهش کلی کلسترول سرم در نشخوارکنندگان منجر شود (۳۹). این تناقض در نتایج ممکن است به دلیل نوع، سطح و

به متابولیسم تغذیه‌ای در شکمبه مرتبط باشد. شکمبه همچون محیطی پیچیده عمل می‌کند که در آن باکتری‌ها اجزای خوراک را تخمیر می‌کنند. کارایی این فرایند تخمیر، نقش مهمی در تعیین دسترسی گلوکز برای جذب ایفا می‌کند. مثلاً، سطوح بالای اسیدهای چرب فرار تولیدشده در شکمبه می‌تواند جذب گلوکز توسط کبد را افزایش دهد و بدین ترتیب غلظت گلوکز خون را تحت تأثیر قرار دهد (۳۰).

مشابه با یافته‌های مطالعه حاضر، حیدری و همکاران (۲۰۱۶) عنوان کردند که مکمل خوراکی مواد معدنی کم مصرف در بره‌ها تأثیری بر غلظت آنزیم‌های کبدی آلانین آمینو ترانسفراز و آلکالین فسفاتاز نداشت، در حالی که باعث کاهش غلظت آنزیم کبدی آسپارات آمینو ترانسفراز شد (۳۱). پژوهشگران به طور گسترده‌ای فعالیت آنزیم آسپارات آمینو ترانسفراز در خون را به عنوان نشانگر خونی عملکرد کبد می‌شناسند (۳۲). گزارش شده است که کاهش در فعالیت آنزیم آسپارات آمینو ترانسفراز ممکن است به طور جزئی به مکانیسم جبرانی عملکرد کبد ناشی از اثر مکمل‌های مواد معدنی کم مصرف مرتبط باشد (۳۳). مطالعات دیگری نیز کاهش فعالیت آنزیم آسپارات آمینو ترانسفراز در سرم خون گوسفندانی که مکمل معدنی حاوی روی، مس و سلنیوم را دریافت کرده بودند، گزارش کرده‌اند

9. Etim NN, Enyenihi GE, Williams ME, Udo MD, Offiong EEA. Haematological parameters: indicators of the physiological status of farm animals. *Br J Sci*. 2013;10(1):33–45.

10. Oikonomidis IL, Kioussis E, Brozos C, Kritsepi-Konstantinou M. Effect of season on hematologic, biochemical, and hormonal analytes in rams of two breeds. *Acta Vet Brno*. 2019;69(4):434–42.

11. Braun JP, Trumel C, Bézille P. Clinical biochemistry in sheep: A selected review. *Small Rumin Res*. 2010;92(1–3):10–8.

12. Onasanya GO, Oke FO, Sanni TM, Muhammad AI. Parameters influencing haematological, serum and biochemical references in livestock animals under different management systems. *Open J Vet Med*. 2015;5(8):181.

13. National Research Council (US). Committee on Nutrient Requirements of Small Ruminants. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. *中国法制出版社*; 2007 Jan 5.

14. Hosienpour N, Norouzian MA, Afzalzadeh A, Khadem AA, Alamouti AA. Source of copper may have regressive effects on serum cholesterol and urea nitrogen among male fattening lambs. *Biol Trace Elem Res*. 2014;159:147–51.

15. Palani ZMR, Ahmed KA, Saeed EAH, Hama KM, Rasheed AM, Hamid BS. Effect of selenium or zinc feed supplementation on some physiological characters in blood of Kurdi male lambs. *J Anim Poult Prod*. 2019;10(4):95–8.

16. Solaiman SG, Min BR. The effect of high levels of dietary zinc on growth performance, carcass characteristics, blood parameters, immune response and tissue minerals in growing Boer-cross goat kids. *Small Rumin Res*. 2019;177:167–74.

17. Mudgal V, Garg AK, Dass RS, Rawat M. Selenium and copper interaction at supra-nutritional level affecting blood parameters including immune response against *P. multocida* antigen in Murrah buffalo (*Bubalus bubalis*) calves. *J Trace Elem Med Biol*. 2018;50:415–23.

18. Seifalinasab A, Mousaie A, Doomary H. Dietary high chromium-methionine supplementation in summer-exposed finishing lambs: Impacts on feed intake, growth performance, and blood cells, antioxidants, and minerals. *Biol Trace Elem Res*. 2022;200(1):156–63.

19. Emam R, Ghanem M, Abdel-Raof Y, Helal MAY. Field deficiency of macro and microelements is associated with alterations in hematology, hepatic and kidney functions and electrocardiography in sheep. *J Adv Vet Res*. 2024;14(4):553–8.

20. El Hendy HA, Yousef MI, El-Naga NIA. Effect of dietary zinc deficiency on hematological and biochemical parameters and concentrations of zinc, copper, and iron in

تعداد عناصر معدنی کم مصرف استفاده شده در مطالعات مختلف باشد.

نتیجه گیری کلی

به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که مکمل عناصر کم مصرف، صرف نظر از نوع آن (غیر آلی و آلی) می تواند برخی فراسنجه های مربوط به خون شناسی و بیوشیمیایی (مانند هموگلوبین، مونوسیت، کلسترول و آسپاراتات آمینوترانسفراز) مرتبط با سلامت را در گوسفندان تحت تأثیر قرار دهد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در قالب طرح تحقیقاتی با شماره ۶۲/۶/۷۱۰۸۰۱۱ انجام شد. نویسندگان این مقاله از شرکت دامگستر پیشگام که امکانات انجام این طرح را فراهم نمودند و همچنین دکتر محمدحسین مؤذنی زاده و دکتر چراغعلی زاده که در انجام این طرح همکاری نمودند تشکر می نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می دارند که در این پژوهش هیچ گونه تعارض منافی وجود ندارد.

منابع

1. Jemberu WT, Li Y, Asfaw W, Mayberry D, Schrobback P, Rushton J, et al. Population, biomass, and economic value of small ruminants in Ethiopia. *Front Vet Sci*. 2022;9:972887.
2. Asín J, Ramírez GA, Navarro MA, Nyaoke AC, Henderson EE, Mendonça FS, et al. Nutritional wasting disorders in sheep. *Animals*. 2021;11(2):501.
3. Świątkiewicz S, Arczewska-Włosek A, Jozefiak D. The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies. *Worlds Poult Sci J*. 2014;70(3):475–86.
4. Yattoo MI, Saxena A, Jhambh R, Nabi S, Melepad DP, Kumar P, et al. Status of trace mineral deficiency in sheep and goat in Kashmir Valley. *Res J Vet Pr*. 2013;1(4):43–5.
5. Rompala RE, Halley JT. Explaining the absorption of chelated trace minerals: The Trojan horse of nutrition. *Feed Manag*. 1995;46(4):52–8.
6. Vipond J, Greig A. Management and care of rams. *Dis sheep*. 2007;61.
7. Kukovics S, Gyoker E, Németh T, Gergátz E. Artificial insemination of sheep—possibilities, realities and techniques at the farm level. *Artif Insemin farm Anim*. 2011;
8. Celi P. Biomarkers of oxidative stress in ruminant medicine. *Immunopharmacol Immunotoxicol*. 2011;33(2):233–40.

growing rats. *Toxicology*. 2001;167(2):163–70.

21. Kraus A, Roth HP, Kirchgesner M. Supplementation with vitamin C, vitamin E or β -carotene influences osmotic fragility and oxidative damage of erythrocytes of zinc-deficient rats. *J Nutr*. 1997;127(7):1290–6.

22. Ibrahim SO, Helal MA, Abd El Raof YM, Elattar HM. Experimental study on zinc deficiency in sheep. *Benha Vet Med J*. 2016;31(1):110–8.

23. Linder MC, Hazegh-Azam M. Copper biochemistry and molecular biology. *Am J Clin Nutr*. 1996;63(5):797S–811S.

24. Ames BN, Atamna H, Killilea DW. Mineral and vitamin deficiencies can accelerate the mitochondrial decay of aging. *Mol Aspects Med*. 2005;26(4–5):363–78.

25. Bleackley MR, Wong AYK, Hudson DM, Wu CHY, MacGillivray RTA. Blood iron homeostasis: newly discovered proteins and iron imbalance. *Transfus Med Rev*. 2009;23(2):103–23.

26. Shankar AH, Prasad AS. Zinc and immune function: the biological basis of altered resistance to infection. *Am J Clin Nutr*. 1998;68(2):447S–463S.

27. Zhang R, Wei M, Zhou J, Yang Z, Xiao M, Du L, et al. Effects of organic trace minerals chelated with oligosaccharides on growth performance, blood parameters, slaughter performance and meat quality in sheep. *Front Vet Sci*. 2024;11:1366314.

28. Mudgal V, Garg AK, Dass RS, Varshney VP. Effect of selenium, zinc, and copper supplementation on blood metabolic profile in male buffalo (*Bubalus bubalis*) calves. *Biol Trace Elem Res*. 2012;145:304–11.

29. Anam MS, Agus A, Widyobroto BP, Gunawan AAA. Organic selenium and zinc: Their effects in feed on blood profiles and antioxidant capacity in early-lactating dairy cows. *Adv Anim Vet Sci*. 2024;12(12):2512–22.

30. Zheng G, Wang D, Mao K, Wang M, Wang J, Xun W, et al. Exploring the Rumen Microbiota and Serum Metabolite Profile of Hainan Black Goats with Different Body Weights before Weaning. *Animals*. 2024;14(3):425.

31. Alhidary IA, Abdelrahman MM, Khan RU. Comparative effects of direct-fed microbials alone or with a trace minerals supplements on the productive performance, blood metabolites, and antioxidant status in grazing Awassi lambs. *Environ Sci Pollut Res*. 2016;23:25218–23.

32. Abudabos AM, Alyemni AH, Dafalla YM, Khan RU. Effect of organic acid blend and *Bacillus subtilis* alone or in combination on growth traits, blood biochemical and antioxidant status in broilers exposed to *Salmonella typhimurium* challenge during the starter phase. *J Appl Anim Res*. 2017;45(1):538–42.

33. Cortinhas CS, Botaro BG, Sucupira MCA, Rennó FP, Santos MV dos. Antioxidant enzymes and somatic cell count in dairy cows fed with organic source of zinc, copper and selenium. *Livest Sci*. 2010;127(1):84–7.

34. Mohri M, Ehsani A, Norouzian MA, Bami MH, Seifi HA. Parenteral selenium and vitamin E supplementation to lambs: hematology, serum biochemistry, performance, and relationship with other trace elements. *Biol Trace Elem Res*. 2011;139:308–16.

35. Kumar N, Garg AK, Mudgal V, Dass RS, Chaturvedi VK, Varshney VP. Effect of different levels of selenium supplementation on growth rate, nutrient utilization, blood metabolic profile, and immune response in lambs. *Biol Trace Elem Res*. 2008;126:44–56.

36. Mahmoud GB, Abdel-Raheem SM, Hussein HA. Effect of combination of vitamin E and selenium injections on reproductive performance and blood parameters of Ossimi rams. *Small Rumin Res*. 2013;113(1):103–8.

37. SIPERSTEIN MD. Regulation of cholesterol biosynthesis in normal and malignant tissues. In: *Current topics in cellular regulation*. Elsevier; 1970. p. 65–100.

38. Lee SH, Engle TE, Hossner KL. Effects of dietary copper on the expression of lipogenic genes and metabolic hormones in steers. *J Anim Sci*. 2002;80(7):1999–2005.

39. Engle TE, Spears JW, Armstrong TA, Wright CL, Odle J. Effects of dietary copper source and concentration on carcass characteristics and lipid and cholesterol metabolism in growing and finishing steers. *J Anim Sci*. 2000;78(4):1053–9.