

Effect of different levels of zinc supplementation in organic and inorganic forms on performance, digestibility and blood parameters of ewes grazing in pasture

SH Ameriyan¹, A Toghdory², T Ghoorchi³, M Asadi⁴

Received: 2025-04-12 Revised: 2026-02-01 Accepted: 2026-04-06

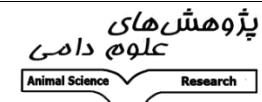
¹MSc, Department of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

²Associate Professor, Department of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

³Professor, Department of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

⁴PhD, Department of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

*Corresponding author: Email: toghdory@yahoo.com

 پژوهش‌های دامی Animal Science Research	Journal of Animal Science Research / vol.36 No.2/ 2026/pp 61-75 https://animalscience.tabrizu.ac.ir	
© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/) DOI:10.22034/AS.2026.66730.1776		

Introduction

Metabolic enhancers, such as anabolic steroids, somatotropin, beta-agonists, vitamins, and minerals, when provided to livestock at supra-nutritional levels, can increase growth rate, improve feed efficiency, enhance meat and milk production, reduce carcass fat, and improve reproductive performance. Among these compounds, minerals are considered important metabolic enhancers. Zinc, an essential micronutrient for livestock, can be used as a metabolic enhancer (Dominguez-Vara et al., 2009). Zinc is an essential trace element that, despite its limited storage capacity in the body, plays an important role in growth, development, and the maintenance of various physiological functions in ewes, including digestion, immunity, and reproduction (Suttle, 2010). Zinc is involved in the activity of numerous enzyme systems, including carbonic anhydrase, lactate dehydrogenase, glutamate dehydrogenase, alkaline phosphatase, and thymidine kinase. It also plays an important role in the metabolism of carbohydrates, proteins, and lipids, as well as in the synthesis and function of nucleic acids (Jia et al., 2008). Zinc is a key component of numerous metalloenzymes and transcription factors involved in nutrient metabolism in ruminants (Hara et al., 2017). Dietary zinc deficiency has been associated with decreased appetite, reduced growth performance (Bellotti et al., 2021), impaired feed efficiency (Garg et al., 2008), and weakened antioxidant defense mechanisms (Kannan et al., 2022).

Materials and Methods

Fifty lactating Afshari ewes, with an average body weight of 50 ± 2.7 kg, aged 4–5 years and in the second month of lactation, were assigned to five treatments with 10 animals per treatment based on a completely randomized design. Following initial health assessments and routine hygienic procedures, the ewes were randomly allocated to the experimental groups. The experiment lasted 60 days. The experimental treatments were: 1. Control, with no supplemental zinc; 2. Inorganic zinc supplementation at the NRC 2007-recommended level; 3. Organic zinc supplementation at the NRC 2007-recommended level; 4. Inorganic zinc supplementation at twice the NRC 2007-recommended

level; and 5. Organic zinc supplementation at twice the NRC 2007-recommended level. According to NRC 2007 recommendations, lactating ewes require 25 mg of zinc per day (National Research Council, 2007). To determine changes in body weight, the ewes were weighed weekly after a 16-h fasting period using a digital scale. Average daily gain (ADG) was calculated by dividing total body weight gain during the experimental period by the number of experimental days. Feed and fecal samples were collected from days 45 to 50 to determine nutrient digestibility. Average milk production was recorded throughout the experimental period. Milking was performed manually, and milk yield was recorded over a 24-h period to determine daily milk production. For the determination of milk composition, 15–20 mL milk samples were collected from each ewe once a week and analyzed for dry matter, fat, protein, lactose, ash, and non-fat solids using a MilkoScan analyzer. On the final day of the experiment, blood samples were collected from the jugular vein 3 h after the morning feeding for the determination of blood biochemical parameters.

Results and Discussion: Ewes receiving zinc supplementation had greater total body weight gain, final body weight, and average daily gain than the control ewes ($P < 0.05$). The highest final body weight, total body weight gain, and average daily gain were observed in ewes receiving organic zinc at twice the NRC 2007-recommended level ($P < 0.05$). Ewes receiving organic zinc at the NRC 2007-recommended level, inorganic zinc at twice the NRC 2007-recommended level, and organic zinc at twice the NRC 2007-recommended level produced more milk than ewes receiving inorganic zinc at the NRC 2007-recommended level ($P < 0.05$). The highest milk fat percentage and the lowest milk protein and milk solids contents were observed in ewes receiving organic zinc at twice the NRC 2007-recommended level ($P < 0.05$). Zinc supplementation had no significant effect on dry matter, lactose, or ash contents of milk among the experimental groups. Supplementation with either organic or inorganic zinc at the NRC 2007-recommended level or at twice the NRC 2007-recommended level had no significant effect on the digestibility of dry matter, organic matter, ether extract, crude protein, neutral detergent fiber, or acid detergent fiber. The highest blood glucose concentration was observed in ewes receiving organic zinc at twice the NRC 2007-recommended level, followed by those receiving inorganic and organic zinc at the NRC 2007-recommended level.

Conclusion: Supplementation with different levels and sources of zinc, in both organic and inorganic forms, improved body weight changes, milk production and composition, and blood glucose and zinc concentrations in lactating ewes. Ewes receiving organic zinc at the NRC 2007-recommended level, inorganic zinc at twice the NRC 2007-recommended level, and organic zinc at twice the NRC 2007-recommended level had greater milk production than the other treatment groups. Overall, supplementation with organic zinc at twice the NRC 2007-recommended level may be considered a potential strategy for improving productive performance in lactating ewes.

Keywords: Blood parameters; Zinc; Digestibility; Pasture; Afshari sheep

اثر سطوح مختلف مکمل روی به شکل‌های آلی و معدنی بر عملکرد، گوارش‌پذیری و فراسنجه‌های خونی میش‌های داشتی چراگر در مرتع

شکوفه عامریان^۱، عبدالحکیم توغدوری^۲، تقی قورچی^۳ و محمد اسدی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱/۲۳ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۱/۱۷

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد تغذیه دام گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۲ دانشیار گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۳ استاد گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۴ دانش آموخته دکتری تغذیه دام گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مسئول مکاتبه: Email: toghdory@yahoo.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: روی یک عنصر کمیاب ضروری برای رشد، نمو و حفظ بسیاری از عملکردهای فیزیولوژیکی در میش است. نقش مهمی در فرآیندهای متابولیک مختلف از جمله گوارش، ایمنی و تولید مثل دارد. مکمل روی در اشکال آلی یا معدنی می‌تواند به رفع کمبودهایی کمک کند که ممکن است به دلیل عواملی مانند دریافت ناکافی مواد مغذی یا کاهش فراهمی زیستی در محیط‌های چرا رخ دهد. هدف: این پژوهش به منظور بررسی اثر استفاده از سطوح مختلف مکمل روی به شکل‌های آلی و معدنی بر عملکرد تولیدی، گوارش‌پذیری و فراسنجه‌های خونی میش‌های داشتی چراگر در مرتع صورت گرفت. روش کار: برای اجرای این آزمایش، پنجاه رأس میش افشاری شیرده با میانگین وزن $50 \pm 2/7$ کیلوگرم در ماه دوم شیردهی به طور تصادفی به پنج گروه تقسیم شدند: ۱. شاهد (بدون مکمل روی)، ۲. مکمل روی معدنی به میزان توصیه شده توسط انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷، ۳. مکمل روی آلی به میزان توصیه شده توسط انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷، ۴. مکمل روی معدنی به دو برابر میزان توصیه شده توسط انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ و ۵. مکمل روی آلی به دو برابر میزان توصیه شده توسط انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷. طول دوره آزمایش ۶۰ روز بود. نتایج: نتایج نشان داد که مصرف سطوح مختلف مکمل روی به شکل‌های آلی و معدنی باعث بهبود تغییرات وزنی، تولید و ترکیبات شیر، غلظت گلوکز و روی خون میش‌های داشتی شد ($P < 0/05$). بیشترین تغییرات وزنی، بیشترین درصد چربی شیر و کمترین مقدار پروتئین شیر و مواد جامد بدون چربی شیر و بیشترین گلوکز خون برای گروه دریافت‌کننده روی آلی به مقدار دو برابر توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ مشاهده شد ($P < 0/05$). میش‌های مصرف‌کننده مکمل روی آلی طبق توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷، مکمل روی معدنی دو برابر توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ و مکمل روی آلی دو برابر توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ مقدار تولیدی شیر بیشتری سایر تیمارها داشتند ($P < 0/05$). نتیجه‌گیری نهایی: استفاده از مکمل روی آلی به مقدار دو برابر توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ در جیره میش‌های داشتی توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: متابولیت‌های خون، روی، گوارش‌پذیری، مرتع، میش افشاری

مقدمه

ویتامین‌ها و مواد معدنی که در سطوح فراتغذیه‌ای به دام خورنده می‌شوند، باعث افزایش نرخ رشد، بهبود بازده خوراک، افزایش تولید گوشت و شیر، کاهش چربی لاشه و بهبود عملکرد تولیدمثلی می‌شوند (اسدی و همکاران ۲۰۲۴ و توغدوری و همکاران ۲۰۲۲). از مهمترین بهبوددهنده‌های متابولیکی، مواد معدنی هستند. از بین عناصر مختلف، روی به‌عنوان ریزمغذی ضروری برای بدن دام، می‌تواند به‌عنوان بهبوددهنده متابولیکی مورد استفاده قرارگیرد (دومینگوئز وارا و همکاران ۲۰۰۹). روی جزو عنصر کمیاب ضروری است که اگرچه به میزان کمی در بدن ذخیره می‌شود، برای رشد، نمو و حفظ بسیاری از عملکردهای فیزیولوژیکی در میش دارای اهمیت بوده و نقش مهمی در فرآیندهای متابولیک مختلف از جمله گوارش، ایمنی و تولید مثل دارد (ساتل، ۲۰۱۰). روی در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی از قبیل کربنیک آنهیدراز، لاکتات دهیدروژناز، گلوتامات دهیدروژناز، آلکالین فسفاتاز، تیمیدین کیناز یافت می‌شود و در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها و در ساخت و اعمال اسیدهای نوکلئیک نقش ایفا می‌کند (جیا و همکاران، ۲۰۰۸ و اسدی و همکاران ۲۰۲۴). روی که به‌عنوان یک گیرنده اکسیداسیون-احیا و یا یک سیگنال فعال کننده عمل می‌کند، یک القاکنده قوی متالوتیونین است که رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برد (ال حق و همکاران ۲۰۱۷). عنصر روی جزو ترکیبات کلیدی در بسیاری از متالوآنزیم‌ها و فاکتورهای رونویسی می‌باشد که سوخت‌وساز مواد مغذی در نشخوارکنندگان را بهبود می‌بخشد (هارا و همکاران ۲۰۱۷) و کمبود روی در جیره‌های غذایی با کاهش اشتها، کاهش عملکرد رشد (بلوتی و همکاران، ۲۰۲۱)، کاهش بازده خوراک (گرگ و همکاران ۲۰۰۸) و ضعف در سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن (کانن و همکاران ۲۰۲۲) مرتبط است. اثرات غیر مستقیم کمبود روی بر ترکیبات غشاء و مقاومت اریتروسیت‌ها و متابولیسم اسیدهای چرب ضروری می‌باشد و بیشترین ضرر از کمبود روی را سیستم ایمنی متحمل می‌شود (هیل و شانون ۲۰۱۹).

به طور کلی منابع مکمل روی به دو دسته منابع معدنی و منابع آلی دسته‌بندی می‌شوند. منابع آلی روی مانند روی-لیزین، روی متیونین و روی-گلیسین نسبت به منابع معدنی همچون سولفات روی و اکسید روی از نظر بیولوژیکی فعال‌تر بوده و قابلیت زیست‌فراهمی بالای آن‌ها موجب شده که از ترکیبات آلی روی بیشتر برای تغذیه حیوانات استفاده شود (علی محمدی و همکاران ۲۰۱۹) که می‌تواند بخاطر کم بودن احتمال نامحلول شدن آن‌ها در دستگاه گوارش، کاهش بروز اثرات آنتاگونیستی با دیگر عناصر، پایداری بیشتر آن‌ها در برابر pH پایین دستگاه گوارش و جذب از مسیری علاوه بر مسیر معمول جذب مواد معدنی باشد (کانتلاپیدرا و همکاران ۲۰۱۵). نرخ جذب روی در دستگاه گوارش نشخوارکنندگان بسته به نوع مکمل روی و مقدار عناصر، دیگر بین ۱۰ تا ۳۰ درصد متفاوت است و احتیاجات روی بسته به نژاد، سن، و تولید حیوان متفاوت است (کورتیناس و همکاران ۲۰۱۲). احتیاجات روی در میش‌های شیرده، گوسفندان پشمی و یا در شرایط تنش بیشتر است و از آنجایی که جذب این عنصر در دام پایین بوده و بدن دام نمی‌تواند مقادیر زیادی از این عنصر را در خود ذخیره کند، پس باید روی به صورت روزانه به مصرف دام برسد (فائولکنر و همکاران ۲۰۱۷).

در پژوهشی مصرف ۵۰ میلی‌گرم از مکمل روی متیونین در هرکیلوگرم جیره‌ی غذایی بره‌های کرمانی، گوارش‌پذیری مواد مغذی خوراک را افزایش داد و این مقدار در مقایسه با ۱۰۰ میلی‌گرم از این مکمل اثر بهتری داشت (دهقان و همکاران ۲۰۱۸). تأمین روی از طریق منابع آلی، باعث افزایش رشد و بهبود عملکرد بره‌ها شد (فدایی فر و همکاران ۲۰۱۲). میش‌های دریافت‌کننده مکمل روی آلی، عملکرد تولید بهتری از طریق تولید گوشت و کیفیت شیر بالاتر به‌دلیل افزایش فرآیندهای متابولیک و بهبود وضعیت سلامتی ناشی از فراهمی زیستی بالاتر روی آلی نشان دادند (بایرن و مورفی ۲۰۲۲). از طرفی، مکمل روی آلی منجر به گوارش بهتر مواد مغذی مانند پروتئین خام، فیبر شوینده خنثی (NDF) و فیبر شوینده اسیدی (ADF) و به‌دنبال آن بهبود رشد کلی و افزایش وزن را در میش‌ها شد (ژانگ و همکاران ۲۰۲۲). غلظت

ملی تحقیقات ۲۰۰۷ و ۵) استفاده از مکمل روی آلی دو برابر توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷. طبق توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ برای میش‌های شیری روزانه ۲۵ میلی‌گرم روی نیاز است (انجمن ملی تحقیقات، ۲۰۰۷). مکمل روی معدنی و روی آلی (Amino Zn) که متشکل از عنصر روی می‌باشد از شرکت زیست فناوری آریانا (مشهد، ایران) استفاده شد. مکمل‌ها براساس شکل و غلظت هر گروه در داخل محفظه قرص کپسول قبل از شیردوشی صبح به دام‌ها خوراندند شد.

وزن‌کشی میش‌ها به‌صورت هفتگی، پس از ۱۶ ساعت گرسنگی با استفاده از باسکول دیجیتال انجام شد. وزن اولیه میش‌ها به صورت کوواریت در نظر گرفته شد. میانگین افزایش وزن روزانه از تقسیم نمودن اضافه وزن بازه زمانی آزمایش بر تعداد روزهای آزمایش محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری گوارش‌پذیری میش‌ها، نمونه‌های مدفوع و خوراک در روزهای ۴۵ تا ۵۰ جمع‌آوری شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده هر دام در پنج روز دوره با یکدیگر مخلوط و یک نمونه ۱۰۰ گرمی از هر کدام برای هر دام برداشته و در آون خشک شد. نمونه‌های جامد به وسیله آسیاب دارای غربال یک میلی‌متری آسیاب شدند. سپس مطابق استاندارد انجمن شیمی‌دانان تجزیه آمریکا^۱ (۲۰۰۵) مقادیر ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، الیاف خام و پروتئین خام مورد تجزیه قرار گرفتند. میانگین شیر تولیدی در طول دوره ثبت شد. شیردوشی با دست انجام شده و مقدار شیر تولیدی جهت تعیین تولید شیر روزانه (۲۴ ساعت) محاسبه شد. برای تعیین ترکیبات شیر، هفته‌ای یکبار ۲۰-۱۵ میلی‌لیتر از شیر میش‌ها برای اندازه‌گیری محتویات آن به آزمایشگاه ارسال شد و ترکیبات شیر (ماده خشک، چربی، پروتئین، لاکتوز، خاکستر و مواد جامد بدون چربی) توسط دستگاه میکرواسکن ساخت کشور بلغارستان اندازه‌گیری شد.

خونگیری از میش‌ها، در روز آخر پژوهش ۳ ساعت پس از تغذیه صبح از سیاهرگ گردنی (وداج) انجام شد.

روی سرم، سطح آلبومین و پروتئین تام به دنبال مصرف مکمل روی آلی بهبود یافت (وسلز و همکاران ۲۰۱۷). همچنین، استفاده از مکمل روی سبب بهبود عملکرد و ضریب تبدیل غذایی و افزایش غلظت روی پلاسما در بره‌های نر نژاد مهربان شد (علی عربی و همکاران ۲۰۱۵). با توجه به نقش‌ها و اهمیت روی برای دام و این مسئله که کمبود روی در علوفه‌های تولید شده در مناطق مختلف ایران به دلیل فقر این عنصر در خاک وجود دارد، از این-رو، هدف از پژوهش حاضر بررسی اثرات سطوح مختلف مکمل روی به شکل‌های آلی و معدنی بر عملکرد تولیدی، گوارش‌پذیری و فراسنجه‌های خونی میش‌های داشتی چراگر در مرتع می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در استان سمنان، شهرستان شاهرود در یکی از مراتع روستای تاش که در آنجا علف‌های چرا شامل درمنه (*Artemisia vulgaris*)، گون (*Astragalus spp*)، برگ زرشک (*Berberis vulgaris*) و آویشن (*Thymus vulgaris*) بود، انجام شد. مراتع روستای تاش در بخش مرکزی شهرستان شاهرود واقع شده است. این مراتع در ارتفاع ۱۷۰۰ تا ۲۰۰۰ متری از سطح دریا قرار دارند و دارای آب و هوای نیمه خشک سرد هستند. پوشش گیاهی این مراتع شامل انواع علف‌های مرتعی، درختچه‌ها و درختان است. در این پژوهش از تعداد ۵۰ رأس میش افشاری شیرده با میانگین وزن زنده $2/7 \pm 50$ کیلوگرم در ماه دوم شیردهی با تولید شیر $1/4 \pm 0/1$ کیلوگرم در روز و سن ۴-۵ ساله، در ۵ تیمار با ۱۰ تکرار بر پایه طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. میش‌ها پس از اقدامات اولیه بهداشتی و اطمینان از سلامت حیوانات، به صورت تصادفی گروه‌بندی شده و برای یک دوره ۶۰ روزه مورد مطالعه قرار گرفتند. تیمارها شامل: ۱) شاهد (بدون دریافت مکمل روی)، ۲) استفاده از مکمل روی معدنی طبق توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷، ۳) استفاده از مکمل روی آلی طبق توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷، ۴) استفاده از مکمل روی معدنی دو برابر توصیه انجمن

برای خونگیری از لوله‌های ونوجکت هپارین‌دار و بدون هپارین استفاده شد و بلافاصله نمونه‌ها به منظور جداسازی پلاسما در ۳۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شده و تا روز آزمایش در فریزر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای اندازه‌گیری متابولیت‌های خون کلسترول، تری گلیسرید، گلوکز، اوره، پروتئین کل، آلبومین و گلبوبولین کیت‌های شیمیایی شرکت پارس آزمون استفاده شد. غلظت سرمی کلسیم، فسفر، آهن و روی با استفاده از کیت های ایرانی شرکت پارس پیوند و غلظت مس سرم با استفاده از اسپکتروفتومتر جذب اتمی (مدل novAA Analytik Jena 400P، آلمان) اندازه‌گیری شد.

در نهایت اطلاعات حاصل از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ گروه و ۱۰ تکرار بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS ویرایش ۹/۱ (۲۰۰۴) صورت گرفت. مدل آماری و فرضیات آزمایش به صورت زیر بود و مقایسات میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد انجام شد. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از مدل آماری زیر استفاده شد:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

که در آن، Y_{ij} = صفت مورد مقایسه، μ = میانگین صفت مورد مقایسه، T_i = اثر تیمار و e_{ij} = اثر خطای آزمایشی می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به اثر استفاده از مقادیر و اشکال مختلف مکمل روی بر تغییرات وزنی میش‌های داشتی در جدول ۱ گزارش شده است. میش‌های دریافت‌کننده مکمل روی نسبت به میش‌های گروه شاهد افزایش وزن نهایی، افزایش وزن کل و افزایش وزن روزانه بیشتری داشتند ($P < 0.05$). بالاترین وزن نهایی، افزایش وزن کل و افزایش وزن روزانه برای گروه دریافت‌کننده روی آلی به مقدار دو برابر توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ گزارش شد ($P < 0.05$).

استفاده از شکل معدنی و شکل آلی عنصر روی در جیره بره‌های پرواری اثری بر وزن نهایی و افزایش وزن کل

نداشت اما سبب بهبود افزایش وزن روزانه شد (فرق‌آلی و همکاران ۲۰۱۷). نقدی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که افزودن مکمل روی در جیره بره‌های پرواری، اثر مثبتی بر افزایش وزن روزانه داشت و فرم آلی به‌ویژه پروتئینات-روی در مقایسه با فرم غیرآلی تأثیر بیشتری بر بهبود عملکرد بره‌ها گذاشت. فزون بر این، مطالعه علی محمدی و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که استفاده از مقدار ۳۰ میلی گرم روی در کیلوگرم ماده خشک از منابع روی متیونین، روی پروتئینات، روی گلايسینات و روی سولفات سبب افزایش معنی‌دار وزن نهایی و افزایش وزن روزانه بره‌های پرواری شد. افزودن ۲۵ میلی‌گرم روی به شکل پروپیونات روی سبب افزایش وزن روزانه معنی‌دار در مقایسه با گوساله‌های مصرف‌کننده اکسید روی شد (اسپیرز و کگلی ۲۰۰۲). گرگ و همکاران (۲۰۰۸) بهبود ضریب تبدیل خوراک و میانگین افزایش وزن روزانه را در بره‌های تغذیه شده با مکمل روی متیونین در مقایسه با گروه شاهد گزارش کردند. در پژوهشی دیگر سطوح مختلف سولفات روی به جیره بزهای نر کشمیر سبب بهبود میانگین افزایش وزن روزانه نسبت به تیمار شاهد شد (جیا و همکاران ۲۰۰۸). افزودن ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی یا روی-متیونین به جیره غذایی بزغاله‌های نژاد مالاباری سبب افزایش میانگین افزایش وزن روزانه در تیمارهای تغذیه شده با روی-متیونین شد (چاوان و همکاران ۲۰۲۱). استفاده از اشکال مختلف مکمل روی در جیره گوساله‌های شیرخوار اثری بر افزایش وزن روزانه کل آنها نداشت اما باعث افزایش وزن روزانه معنی‌دار آنها در ۷۷ روزگی نسبت به گروه شاهد شد (چراغی مشعوف و همکاران، ۲۰۲۴). افزودن سطوح مختلف روی سولفات به جیره گوساله‌ها باعث افزایش وزن روزانه شد (زابلی و همکاران ۲۰۲۱). در پژوهشی دیگر، استفاده از مکمل نانو روی اثری بر وزن نهایی و افزایش وزن روزانه بزغاله‌ها نداشت (زابلی و همکاران ۲۰۱۳).

بهبود معنی‌دار وزن نهایی، افزایش وزن روزانه و افزایش وزن کل در تیمارهای دریافت‌کننده مکمل روی، می‌تواند به تحریک رشد جبرانی از طریق روی جذب شده می‌باشد (چراغی مشعوف و همکاران ۲۰۲۴)؛ روی نقش

برجسته‌ای در انتقال گلوکز و سوخت‌وساز پروتئین بر عهده دارد و به‌عنوان نوعی ماده معدنی آنابولیک در نظر گرفته می‌شود؛ همچنین این عنصر نقشی ضروری در فعالیت هورمون انسولین را ایفا می‌کند که این امر بر سوخت‌وساز گلوکز اثر دارد (چاوان و همکاران ۲۰۲۱). از طرفی، روی به دلیل داشتن اثرات شبه انسولینی، موجب اثرگذاری در دریافت سیگنال توسط گیرنده‌های انسولین، ذخیره‌سازی، ترشح، توزیع در بافت/اندام و مهار پروتئین تایروزین فسفاتازها می‌شود؛ بنابراین، ممکن است پروتئین‌های انتقال‌دهنده روی، فرآیندهای سیگنال‌دهی سلولی را تسهیل نموده و به‌دنبال آن، با تعدیل غلظت روی سیتوزولی، به کنترل قند خون در

بافت‌های محیطی کمک کنند و سبب بهبود افزایش وزن روزانه، افزایش وزن کل و وزن نهایی میش‌ها شوند (میرز ۲۰۱۵). نتایج بهتر در گروه روی آلی دوبرابر توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ می‌تواند به این دلیل باشد که بلکه مقدار توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ نیازهای میش را بر طرف نکرده باشد و از طرفی، روی آلی به‌علت عدم بار الکتریکی و نداشتن اختلال با سایر کاتیون‌ها، نسبت به روی معدنی قابلیت دسترسی و گوارش بهتری داشته که به این سبب می‌تواند بیشتر در اختیار میکروارگانیسم‌ها قرار گرفته و سبب بهبود بیشتر در تغییرات وزنی شود (لو و همکاران ۲۰۲۳).

Table 1. The effect of zinc supplementation on weight changes in ewes

Item	Treatment					SEM	P-value
	Control	Recommended NRC (2007)		Twice Recommended NRC (2007)			
		Mineral Zn	Organic Zn	Mineral Zn	Organic Zn		
Initial weight (kg)	46.41	47.00	46.01	47.20	46.78	0.968	0.798
Final weight (kg)	56.08 ^c	58.01 ^b	58.24 ^b	58.47 ^b	59.66 ^a	1.124	0.011
Total weight gain (kg)	9.67 ^c	11.01 ^b	12.23 ^a	11.27 ^b	12.88 ^a	0.267	0.001
Daily weight gain (g)	153.49 ^c	174.76 ^b	194.12 ^a	178.88 ^b	204.44 ^a	29.556	0.001

SEM: Standard error of the means.

^{a,c} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

نتایج مربوط به اثر استفاده از مقادیر و اشکال مختلف مکمل روی بر ترکیبات شیر میش‌های داشتی در جدول ۲ گزارش شده است. مکمل روی باعث تغییرات معنی‌داری در تولید شیر، چربی شیر، پروتئین شیر و مواد جامد بدون چربی شیر شد ($P < 0.05$). میش‌های مصرف‌کننده مکمل روی آلی طبق توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷، مکمل روی معدنی دو برابر توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ و مکمل روی آلی دو برابر توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ مقدار تولیدی شیر بیشتری نسبت به گروه مصرف‌کننده مکمل روی معدنی طبق توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ داشتند ($P < 0.05$). بیشترین درصد چربی شیر و کمترین مقدار پروتئین شیر و مواد جامد بدون چربی شیر در تیمار دریافت‌کننده روی آلی به مقدار دو برابر توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ گزارش شد

($P < 0.05$). مکمل روی تأثیری بر ماده خشک، لاکتوز و خاکستر شیر گروه‌های آزمایشی مختلف نداشت ($P > 0.05$).

در پژوهشی، مکمل روی و منگنز در گاوهای شیری به طور قابل توجه‌ای باعث افزایش تولید شیر، درصد چربی و محتوای جامد بدون چربی (SNF) شد (ال نیمار و همکاران ۲۰۱۳). استفاده از سولفات روی در جیره گاوهای شیری، به طور خطی چربی شیر را افزایش داد (چائو و همکاران ۲۰۲۱). همچنین ثابت شده است که کاربرد روی در مخلوط‌های معدنی جیره بر غلظت پروتئین و چربی شیر در گاوهای شیری اثر مثبتی دارد (کینال و همکاران ۲۰۱۸). در مطالعه‌ای، مکمل روی معدنی توانست پروتئین شیر را در گاوهای شیری هلشتاین افزایش دهد (چائو و همکاران ۲۰۲۱). در

پژوهشی، متیونین روی سبب افزایش تولید شیر شد اما اثری بر چربی شیر و مواد جامد بدون چربی نداشت (سبحانی‌راد و همکاران ۲۰۱۰). افزودن مکمل روی به جیره گاوهای شیرده بر میزان چربی شیر تأثیر معنی‌داری نگذاشت (برزوسکا و کوالچیک ۲۰۰۲). مکمل روی-متیونین در شترهای شیرده سبب بهبود محتوای چربی، خاکستر و کل مواد جامد شیر شد (مصطفی و همکاران ۲۰۱۹). همچنین، نشان داده شده است که مکمل روی به طور قابل توجهی بر تولید شیر، چربی، SNF، پروتئین، یا محتوای منیزیم شیر اثر نداشت (میلر و همکاران ۱۹۶۵). از طرفی دیگر، مکمل روی بر محتوای پروتئینی شیر اثر نداشت (هرمانسن و همکاران ۱۹۹۵). استفاده از مکمل روی در گاوهای Sahiwal سبب افزایش تولید شیر شد اما اثری معنی‌دار بر ترکیب پروتئینی شیر نداشت (چاندرا و همکاران ۲۰۱۵)؛ همسو با این پژوهش، مطالعه دیگری در گاوهای شیرده هلشتاین نشان داد که مکمل روی بر محتوای پروتئین شیر یا کیفیت شیر اثری نداشت (هورچانک و همکاران ۲۰۲۰). اشکال مختلف مکمل روی بر مقدار تولید و ترکیبات شیر گاوهای شیرده اثری نداشت (بخشی‌زاده و همکاران ۲۰۱۹).

تولید و کیفیت شیر علاوه بر دریافت پروتئین و انرژی کافی، به تعادل مناسب عناصر معدنی و ویتامین‌ها بستگی دارد (فلدمان و همکاران ۲۰۱۹). جذب ماده معدنی از یک سو می‌تواند سبب بهبود عملکرد و سلامتی شده و از سوی دیگر سطح نیاز مکمل روی را در جیره کاهش دهد. مواد معدنی، همراه با افزایش غلظت در آغوز و شیر، تولید و ترکیب شیر را بهبود می‌بخشد (سلاما و همکاران ۲۰۰۳). از روی معمولاً به‌عنوان یک عامل تثبیت کننده غشاء نامبرده می‌شود؛ روی غشای سلول‌های چربی شیر را تثبیت می‌کند و به‌عنوان یک کوفاکتور برای آنزیم‌های غشای سراسری عمل می‌کند و چربی شیر را از لیپولیز حفظ می‌نماید (اردمن و همکاران ۲۰۰۴). روی رابطه نزدیک الکترونی با زنجیره‌های بی شمار اسید آمینه دارد و می‌تواند با آنها، به ویژه با اتم‌های سولفور و نیتروژن در اسیدهای آمینه سیستئین و هیستیدین

واکنش‌های زیادی انجام دهد و با فراهم کردن کوفاکتورها سبب افزایش محتوای پروتئینی شیر شود (اسپیرز و همکاران ۲۰۰۴). روی به‌طور مستقیم بر فعالیت آنزیم‌های مربوط به تولید انرژی و پروتئین اثر می‌گذارد و باعث افزایش تولید شیر و بهبود کیفیت آن می‌شود. میش‌هایی که مقادیر کافی روی دریافت کردند، تولید شیر با محتوای بالاتری از چربی و پروتئین داشتند. از طرفی، روی با افزایش تولید سلول‌های ایمنی و تنظیم واکنش‌های التهابی، میش‌ها را در برابر بیماری‌های عفونی مانند ورم پستان محافظت می‌کند. لذا، با کاهش سلول‌های سوماتیک شیر، ورم پستان و تخریب پستان کاهش یافته و تولید شیر می‌تواند افزایش یابد (سانگ و همکاران ۲۰۱۰). بخش بیشتر روی از پلاسمای خون تأمین می‌شود و از طریق انتقال‌دهنده Zip-۳ به غده پستانی منتقل می‌شود (کورتیناس و همکاران ۲۰۱۰). از طرفی، استفاده از شکل آلی مواد معدنی سبب افزایش زیست‌فرآهمی بیشتر شده و در نتیجه میزان جذب در روده را افزایش می‌دهد؛ همچنین افزایش سطح روی تمام احتیاجات میش را برطرف کرده و غلظت روی پلاسما را افزایش دهد پس ممکن است این موارد سبب بهبود تولید و ترکیبات شیر شوند.

نتایج مربوط به اثر استفاده از مقادیر و اشکال مختلف مکمل روی بر گوارش‌پذیری مواد مغذی میش‌های داشتی در جدول ۳ گزارش شده است. استفاده از مکمل روی آلی و معدنی طبق توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ و دو برابر توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ اثری بر گوارش‌پذیری ماده خشک، ماده آلی، عصاره اتری، پروتئین خام، الیاف شوینده خنثی و الیاف شوینده اسیدی تیمارهای مختلف نداشت ($P>0.05$).

Table 2. The effect of zinc supplementation on the milk composition of ewes

Item	Treatment				SEM	P-value	
	Control	Recommended NRC	Twice Recommended				
		(2007)	NRC (2007)				
	Mineral Zn	Organic Zn	Mineral Zn	Organic Zn			
Milk yield (kg)	1.47 ^c	1.60 ^b	1.70 ^a	1.79 ^a	1.72 ^a	0.024	0.021
Dry matter (%)	16.06	15.85	16.74	16.10	15.84	1.841	0.051
Fat (g/dL)	3.98 ^b	3.94 ^b	3.79 ^b	3.75 ^b	4.62 ^a	0.219	0.001
Protein (g/dL)	5.54 ^b	5.70 ^{ab}	5.80 ^{ab}	5.92 ^a	5.22 ^c	0.076	0.008
Lactose (g/dL)	5.41	5.92	5.59	5.64	5.52	0.098	0.451
Ash (g/dL)	0.82	0.80	0.81	0.87	0.84	0.014	0.277
Milk solids-non-fat (g/dL)	11.72 ^{cb}	11.90 ^b	12.51 ^a	12.51 ^a	11.35 ^c	0.088	0.001

SEM: Standard error of the means.

^{a,c} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

مواد مغذی آنها نداشت (مانند و همکاران ۲۰۰۷). فزون بر این، روی معدنی باعث تغییری در گوارش‌پذیری ماده خشک، ADF و NDF بزها نشد (ونین و همکاران ۲۰۰۹). در مطالعه در گوساله‌های گاومیش مصرف‌کننده روی معدنی هیچ تغییر معنی‌داری در گوارش‌پذیری ماده خشک، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و فیبر نامحلول در شوینده خنثی یافت نشد (کرزیزوسکی ۲۰۰۷). در پژوهش دیگری، نعمت‌پور و همکاران (۲۰۲۰)، تفاوت معنی‌داری در گوارش‌پذیری ماده خشک، ماده آلی و خاکستر بین گاوهای شیری دریافت‌کننده مکمل روی معدنی و آلی مشاهده نشد.

به‌نظر می‌رسد مکمل روی علاوه بر برطرف کردن نیازهای فیزیولوژیکی حیوان، فوایدی از نظر بازده خوراک و سلامت دستگاه گوارش در مراحل خاصی از زندگی ارائه می‌دهد؛ مکمل روی به‌طور معمول سبب بهبود مصرف خوراک، گوارش‌پذیری و عملکرد رشد و یا اثرات مشابه، بدون توجه به فرمولاسیون و اثرات دوز-پاسخ می‌شود (دافی و همکاران ۲۰۲۳). به‌نظر می‌رسد عواملی چون غلظت مکمل روی، منبع مکمل روی به لحاظ آلی یا معدنی بودن آن، نوع جیره (نسبت علوفه به کنسانتره)، غلظت روی جیره پایه، نژاد و گونه حیوان و مرحله زندگی دام از عوامل ایجاد تفاوت در نتایج گوارش‌پذیری مواد مغذی در پژوهش‌های مختلف باشد.

مکمل روی آلی سبب بهبود گوارش پروتئین خام، فیبر شوینده خنثی (NDF) و فیبر شوینده اسیدی (ADF) شد (ژانگ و همکاران ۲۰۲۲). مکمل روی آلی همچنین، سبب افزایش گوارش‌پذیری فیبرنامحلول در شوینده خنثی بره‌های زندی شد (ملاکی و همکاران ۲۰۱۵). از طرفی، دهقان و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از مکمل روی-متیونین به مقدار ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در جیره بره‌های نر کرمانی گزارش کردند که در تیمار دریافت‌کننده ۵۰ میلی‌گرم مکمل روی، بهبود گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی مشاهده شد. در پژوهشی دیگر، استفاده از مکمل روی سبب افزایش گوارش‌پذیری NDF و ADF بره‌ها شد (گرگ و همکاران ۲۰۰۸). استفاده از مکمل آلی و معدنی روی در جیره بره‌ها سبب افزایش گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی شد (آمتاج و همکاران ۲۰۱۴). از سوی دیگر در پژوهش چاشنی‌دل و همکاران (۲۰۲۴) گوارش‌پذیری ظاهری ماده آلی در بره‌های مکمل شده با روی-متیونین و روی-گلیسین نسبت به بره‌های دریافت‌کننده سولفات-روی و گروه شاهد افزایش یافت؛ همچنین، در بره‌های دریافت‌کننده روی آلی و اکسید-روی، بهبود گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نسبت به تیمار دارای سولفات-روی و گروه شاهد مشاهده شد. همسو با نتایج پژوهش حاضر، استفاده از مکمل معدنی و مکمل آلی روی در جیره گوساله‌های نر اثری بر گوارش‌پذیری

Table 3. The effect of zinc supplementation on the digestibility of ewes

Item	Treatment					SEM	P-value
	Control	Recommended NRC (2007)		Twice Recommended NRC (2007)			
		Mineral Zn	Organic Zn	Mineral Zn	Organic Zn		
Dry matter (%)	63.10	57.20	63.33	57.60	61.00	3.978	0.536
Organic matter (%)	66.94	70.33	59.36	61.70	69.06	4.160	0.343
Ether extract (%)	53.17	54.41	53.20	52.47	51.98	4.125	0.702
Crude Protein (%)	66.97	67.48	68.02	68.11	66.97	5.021	0.691
Neutral detergent fibers (%)	54.47	48.04	50.28	49.20	48.85	3.860	0.164
Acid detergent fibers (%)	39.15	38.20	39.10	39.14	41.50	1.592	0.089

SEM: Standard error of the means.

غلظت روی خون در میش‌های مصرف‌کننده روی آلی طبق توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ و دو برابر توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ گزارش شد؛ غلظت روی خون میش‌های دریافت‌کننده مقادیر مختلف روی معدنی نسبت به گروه شاهد بیشتر بود. بالاترین غلظت مس خون در تیمارهای دریافت‌کننده روی معدنی با مقادیر مختلف و روی آلی طبق توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ گزارش شد.

نتایج مربوط به اثر استفاده از مقادیر و اشکال مختلف مکمل روی بر فراسنجه‌های خونی میش‌های داشتی در جدول ۴ گزارش شده است. بیشترین غلظت گلوکز در تیمار مصرف‌کننده روی آلی با مقدار دو برابر توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ گزارش شد و پس از آن، تیمارهای دریافت‌کننده روی معدنی و آلی طبق توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ بیشترین مقادیر گلوکز را داشتند. بیشترین

Table 4. The effect of zinc supplementation on blood parameters of ewes

Item	Treatment					SEM	P-value
	Control	Recommended NRC (2007)		Twice Recommended NRC (2007)			
		Mineral Zn	Organic Zn	Mineral Zn	Organic Zn		
Cholesterol (Mg/dl)	60.73	59.60	58.65	58.10	57.47	3.095	0.231
Triglyceride (Mg/dl)	18.62	19.25	23.93	24.00	18.96	2.001	0.092
Glucose (Mg/dl)	51.67 ^c	53.40 ^b	53.00 ^b	52.51 ^{bc}	64.22 ^a	2.035	0.001
Urea (Mg/dl)	10.10	9.45	10.00	8.95	11.02	1.014	0.681
Total protein (Gr/dl)	7.04	7.09	7.06	7.19	7.18	0.112	0.492
Albumin (Gr/dl)	4.11	4.17	4.15	4.21	4.19	0.099	0.617
Globulin (Gr/dl)	2.93	2.92	2.91	2.98	2.99	0.074	0.811
Albumin: Globulin	1.40	1.43	1.42	1.41	1.40	0.019	0.824
Zinc (µg/dl)	140.66 ^c	152.61 ^b	161.00 ^a	154.95 ^b	162.40 ^a	11.022	0.001
Copper (µg/dl)	88.20 ^b	100.05 ^a	100.21 ^a	100.80 ^a	94.40 ^{ab}	8.499	0.028
Calcium (Mg/dl)	6.40	6.40	6.14	5.65	6.50	0.046	0.768
Iron (µg/dl)	172.50	169.00	168.50	172.00	170.00	6.847	0.214
Phosphorus (Mg/dl)	51.33	57.50	49.16	54.50	56.70	1.059	0.394

SEM: Standard error of the means.

^{a,c} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

پرواری موجب افزایش غلظت گلوکز خون آنها شد (چاشنی‌دل و همکاران ۲۰۲۴). همچنین، محمد و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که گلوکز سرم میش‌ها و بره‌های

موافق با نتایج پژوهش حاضر، مکمل روی آلی سبب افزایش غلظت روی خون بزها شد (پی و همکاران ۲۰۰۵). استفاده از اشکال آلی و معدنی روی در جیره بره‌های

افزایش غلظت روی پلاسما شدند. افزودن سولفات روی و روی پلی‌ساکارید و نانو اکسید روی به جیره برده‌های نر سنجابی، سبب افزایش معنی‌دار غلظت روی پلاسما نسبت به گروه شاهد شد، ولی اثر معنی‌داری بر غلظت مس و آهن پلاسما مشاهده نشد (صوفی و همکاران، ۲۰۲۲). مکمل روی متیونین و سولفات روی در برده‌های نر اثری بر غلظت عناصر روی و مس خون نداشت (نوریان سرور و همکاران ۲۰۱۹).

احتمالاً افزایش غلظت گلوکز خون در تیمارهای دریافت‌کننده مکمل روی، از طریق تغییر در فعالیت مسیرهای بیوشیمیایی دخیل در گلوکونئوژن در پاسخ به مصرف روی مؤثر باشد (پی و همکاران ۲۰۰۵). از طرفی، با توجه به اینکه معمولاً غلظت گلوکز خون در نشخوارکنندگان تحت‌تأثیر مقدار پروپیونات مایع شکمبه قرار می‌گیرد، بنابراین، عواملی مانند منبع و مقدار مکمل روی که می‌توانند بر تولید پروپیونات شکمبه اثر بگذارند، توانایی تغییر در غلظت گلوکز خون را دارند (مک دونالد و همکاران ۲۰۱۱). گرگ و همکاران (۲۰۰۸)، پیشنهاد کرد که زیست‌فراهمی روی آلی در مقایسه با روی معدنی بیشتر است. اسپیرز و همکاران (۱۹۹۶) غلظت بالاتر روی پلاسما با مکمل روی آلی را به دلیل آزادسازی آهسته‌تر روی از منبع آلی، زیست‌فراهمی بیشتر آن و به‌دنبال آن تسهیل انتقال روی در سراسر مخاط روده نسبت دادند.

نتیجه‌گیری

سطوح مختلف مکمل روی به شکل‌های آلی و معدنی باعث بهبود تغییرات وزن، تولید و ترکیبات شیر، غلظت گلوکز و روی خون میش‌های داشتی شد. بیشترین تغییرات وزن، درصد چربی شیر و غلظت گلوکز خون و کمترین مقدار پروتئین شیر و مواد جامد بدون چربی شیر در گروه دریافت‌کننده روی آلی به مقدار دو برابر توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ مشاهده شد. میش‌های مصرف‌کننده مکمل روی آلی طبق توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷، مکمل روی معدنی دو برابر توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ و مکمل روی آلی دو برابر

تغذیه شده با مکمل نانو روی-متیونین در مقایسه با گروه شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در پژوهشی مکمل روی آلی سبب افزایش غلظت پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین در مقایسه با مکمل روی و گروه شاهد شد و مکمل روی آلی و مکمل روی معدنی، هر دو، باعث کاهش غلظت نیتروژن اورده‌ای خون، چربی، کلسترول و افزایش غلظت روی خون در گاوهای دریافت‌کننده مکمل نسبت به گروه شاهد شد اما، تغییری در غلظت گلوکز گروه‌های آزمایشی مشاهده نشد (ابوالحمد و همکاران ۲۰۲۲). از طرفی، در پژوهش دیگری، مکمل روی معدنی و آلی در جیره میش‌ها تغییری در سطوح کلسترول و تری‌گلیسید خون ایجاد نکرد (عبدالحمید و همکاران ۲۰۱۹). سولیس و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که دریافت مکمل Zn-Met در برده‌های پرواری سبب کاهش سطح کلسترول و تری‌گلیسیرید در مقایسه با روی معدنی شد. روی-سولفات و پپتید روی در برده‌ها موجب کاهش نیتروژن اورده‌ای خون شد و بر سایر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون اثری نداشت (اسفیوخی و همکاران ۲۰۲۴). در گاوهای دریافت‌کننده روی-گلايسين و نانوذرات روی، نیتروژن اورده‌ای خون کاهش و غلظت روی پلاسما نسبت به تیمار دریافت‌کننده روی-اکسید و گروه شاهد افزایش یافت و در گلوکز خون تغییر معنی‌داری یافت نشد (بخشی‌زاده و همکاران ۲۰۱۹). دهقان و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که مکمل روی-متیونین اثری بر فراسنجه‌های خونی برده‌های پرواری نداشت. استفاده از شکل‌های مختلف مکمل روی (آلی و معدنی) در جیره برده‌ها سبب افزایش غلظت روی خون شد (علی محمدی و همکاران، ۲۰۱۹). فرقالی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که مکمل روی-سولفات و روی-متیونین باعث افزایش کلسترول شد و اثری بر گلوکز خون برده‌های در حال رشد نداشت؛ همچنین غلظت روی پلاسمای برده‌های دریافت‌کننده روی-متیونین نسبت به برده‌های دریافت‌کننده روی-سولفات و برده‌های گروه شاهد بیشتر بود. در پژوهش موسایی و همکاران (۲۰۱۹)، تغییر معنی‌داری در غلظت گلوکز، پروتئین تام و مس برده‌های پرواری دریافت‌کننده روی-متیونین و روی-سولفات مشاهده نشد اما شکل‌های مختلف مکمل روی باعث

روی آلی به مقدار دو برابر توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ در جیره میش‌های داشتی توصیه می‌شود و پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی به تأثیر سطوح مختلف شکل‌های دیگر نظیر شکل نانوی روی در میش‌های آبستن و غیرآبستن پرداخته شود.

توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ مقدار تولیدی شیر بیشتری سایر تیمارها داشتند. فزون بر این، بیشترین غلظت روی خون در میش‌های مصرف‌کننده روی آلی طبق توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ و دو برابر توصیه انجمن ملی تحقیقات ۲۰۰۷ گزارش شد. استفاده از مکمل

منابع مورد استفاده

- Abd El-Hamid AM, El-Sheshtawy NA, Soliman AM and Khalil MF, 2019. Effect of different dietary zinc sources on productive and reproductive performance of ewes. *Animal Production Science* 59(7): 1149-1157.
- Abu ElHamd M, Gabr S, Soliman S, Sayah M, Badr E and Ouf G, 2023. Effect of Different Zinc Sources on Milk Production and Reproductive Performance of Friesian Cows. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences* 54(7): 45-56.
- Aliarabi H, Fadayifar A, Tabatabaei MM, Zamani P, Bahari A, Farahavar A and Dezfoulan AH, 2015. Effect of zinc source on hematological, metabolic parameters and mineral balance in lambs. *Biological trace element research* 168: 82-90.
- Alimohamady R, Aliarabi H, Bruckmaier RM and Christensen RG, 2019. Effect of Different Sources of Supplemental Zinc on Performance, Nutrient Digestibility, and Antioxidant Enzyme Activities in Lambs. *Biology and Trace Element Research* 189(1): 75-84.
- Ametaj BS, Kumar R, Singh N and Prasad CS, 2014. Effect of feeding organic and inorganic zinc on growth, nutrient digestibility, and tissue mineral status of lambs. *Biological Trace Element Research* 157(2): 136-143.
- AOAC, 2005. Official Methods of Analysis, 17 thed. Association of official analytical chemists, Arlington, VA.
- Asadi M, Ghoorchi T and Toghdory AH, 2024. The effect of different forms of chromium on weight changes and glucose and insulin tolerance test of Afshari ewes during the transition period under the influence of heat stress. *Animal Production*. 26(1): 33-44.
- Asadi M, Toghdory AH, Ghoorchi T and Hatami M, 2024. The effect of maternal organic manganese supplementation on performance, immunological status, blood biochemical and antioxidant status of Afshari ewes and their newborn lambs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 108(2): 493-499.
- Bakhshizadeh S, Mirzaei Aghjehgheshlagh F, Taghizadeh A, Seifdavati J and Navidshad B, 2019. Effect of zinc sources on milk yield, milk composition and plasma concentration of metabolites in dairy cows. *South African Journal of Animal Science* 49(5): 884-891.
- Bellotti D, Rowińska-Żyrek M Remelli M, 2021. How Zinc-Binding Systems, Expressed by Human Pathogens, Acquire Zinc from the Colonized Host Environment: A Critical Review on Zincophores. *Current medicinal chemistry* 28(35): 7312-7338.
- Brzóska F and Kowalczyk J, 2002. Milk yield, composition and cholesterol level in dairy cows fed rations supplemented with zinc and fatty acid calcium salts. *Journal of Animal and Feed Sciences* 11: 411-424.
- Byrne L, and Murphy RA, 2022. Relative Bioavailability of Trace Minerals in Production Animal Nutrition: A Review. *Animals (Basel)* 12(15): 1981.
- Cantalapiedra Y, Alados-Fernandez L, Miranda-de la Lama I, Lopez-Guitierrez C and Rodriguez-Sanchez R, 2015. Effect of dietary zinc source (inorganic vs. zinc methionine) on performance, ruminal fermentation, and nutrient digestibility in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 98(10): 6705-6715.
- Chandra G, Aggarwal A, Singh A and Kumar M, 2015. Effect of Vitamin E and Zinc Supplementation on Milk Yield, Milk Composition, and Udder Health in Sahiwal Cows. *Animal Nutrition and Feed Technology* 15: 67-78.

- Chao W, Xu Y, Han L, Liu Q, Guo G, Wenjie H, Zhang J, Chen L, Zhang Y, Caixia P and Shuanlin Z, 2021. Effects of zinc sulfate and coated zinc sulfate on lactation performance, nutrient digestion and rumen fermentation in Holstein dairy cows. *Livestock Science* 251: 104673.
- Chashnidel Y, bakhtiyari R and Mardani H, 2024. Effects of Organic and Inorganic Zinc Supplements on Performance, Digestibility, Rumen and Blood Parameters in Fattening Lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research* 16(1): 15-27. (In Persian)
- Chavan SJ, Varadan D, Ravishankar C, Vazhoor B, Sebastian R, Chulliparambil S and Prakash P, 2021. The Effect of Inorganic and Organic Zinc Supplementation on Growth Performance, Mineral Profile and Gene Expression Pattern of GLUT1 in Malabari Kids. *Biology and Trace Element Research* 199(2): 568-577.
- Cheraghi Mashoof L, Aliarabi H, Alipour D and Zamani P, 2024. Effects of Different Sources of Supplemental Zinc on the Performance and Some Blood Parameters of Holstein Suckling Calves. *Research Animal Production* 15(2): 95-106. (In Persian)
- Cortinhas C, Botaro B, Sucupira M, Rennó F and Santos M, 2010. Antioxidant enzymes and somatic cell count in dairy cows fed with organic source of zinc, copper and selenium. *Livestock Science* 127: 84-87.
- Cortinhas C, Júnior J, Naves J, Porcionato M, Silva L, Rennó F and Santos M, 2012. Organic and inorganic sources of zinc, copper and selenium in diets for dairy cows: intake, blood metabolic profile, milk yield and composition. *Revista Brasileira De Zootecnia* 41: 1477-1483.
- Dehghan S, Mousaie A, Esmaeilipour O and Barazandeh A, 2018. The effect of zinc-methionine supplement on performance, nutrients digestibility and blood metabolites of fattening lambs. *Journal of Animal Production* 20(3): 411-424. (In Persian)
- Dominguez-Vara IA, Gonzalez SS, Munoz JM, Pinos-Rodriguez JL, Borquez-Gastelum R, Barcena-Gama G, Mendoza-Martinez L, Zapata E and Landois-Palencia LL, 2009. Effects of feeding selenium-yeast and chromium-yeast to finishing lambs on growth, carcass characteristics, and blood hormones and metabolites. *Animal Feed Science Technology* 152: 42-49.
- Duffy R, Yin M and Redding LE, 2023. A review of the impact of dietary zinc on livestock health. *Journal of Trace Elements and Minerals* 5: 100085.
- El-Hack M, Alagawany M, Arif M, Chaudhry M, Emam M and Patra A, 2017. Organic or inorganic zinc in poultry nutrition: a review. *World's Poultry Science Journal* 73: 904-915.
- El-Nimer A, Ahmed M, Omar H and El-menniawy M, 2013. Effects of zinc, manganese methionine complex as feed, supplement on the yield, composition and quality of cow's milk and its products. *Animals* 4: 621-636.
- Erdman KA, Davis TA, Miller MF, van der Werken H and Murphy JM, 2004. Effects of supplemental zinc on performance, carcass characteristics, and meat quality of beef steers. *Journal of Animal Science* 82(7): 1920-1927.
- Esfiooghi SHM, Norouzian MA and Najafi A, 2024. The Effect of Different Zinc Sources on Biochemical Parameters, Intestinal Morphology, Carcass Characteristics and Performance in Finishing Lambs. *Biology and Trace Element Research* 202(1): 175-181.
- Fadayifar A, Aliarabi H, Tabatabaei MM, Bahari A, Malecki M and Dezfoulia AH, 2012. Improvement in lamb performance on barley-based diet supplemented with zinc. *Livestock Science* 144: 285-289.
- Farghaly M, Mousa S, Abd El-Hafez G and Abd El-Rahman M, 2017. The effect of zinc supplementation on performance of growing lambs. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds* 20(2): 59-68.
- Faulkner M, Wenner B, Solden L and Weiss W, 2017. Source of supplemental dietary copper, zinc, and manganese affects fecal microbial relative abundance in lactating dairy cows. *Journal of dairy science* 100(2): 1037-1044.
- Feldmann HR, Williams DR, Champagne JD, Lehenbauer TW and Aly SS, 2019. Effectiveness of zinc supplementation on diarrhea and average daily gain in pre-weaned dairy calves: A double-blind, block-randomized, placebo-controlled clinical trial. *PLoS One* 14(7): e0219321.
- Garg A, Mudgal V and Dass R, 2008. Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization and mineral profile in lambs. *Animal Feed Science and Technology* 144: 82-96.

- Hara T, Takeda TA, Takagishi T, Fukue K, Kambe T and Fukada T, 2017. Physiological roles of zinc transporters: molecular and genetic importance in zinc homeostasis. *Journal of Physiology Science* 67(2): 283-301.
- Hermansen J, Larsen T and Andersen J, 1995. Does zinc play a role in the resistance of milk to spontaneous lipolysis. *International Dairy Journal* 5: 473-481.
- Hill GM and Shannon MC, 2019. Copper and zinc nutritional issues for agricultural animal production. *Biological trace Element Research* 188: 148-159.
- Horchanok A, Kuzmenko O, Lytvyschenko L, Lieshchova M, Prysiashniuk N, Bevez O and Slobodeniuk O, 2020. Efficiency of premixes with Bioplex® microelements in the diets of Holstein cattle. *Ukrainian Journal of Ecology* 10: 289-293.
- Jia X, Yang H, Wu Y, Zhao G and Wang T, 2008. Effects of organic zinc supplementation on performance, fiber digestibility, and mineral status of cashmere goats. *Animal Feed Science and Technology* 141(1-2): 122-130.
- Kannan A, Prakash B, Paul SS, Raju MVLN, Rama Rao SV and Shanmugam M, 2022. Effect of dietary supplementation of zinc proteinate on performance, egg quality, blood biochemical parameters, and egg zinc content in White Leghorn layers. *Tropical Animal Health and Production* 54(3): 160.
- Kinal S, Korniewicz A, Ślupczyńska M, Bodarski R, Korniewicz D and Čermák B, 2018. Effect of the application of bioplexes of zinc, copper and manganese on milk quality and composition of milk and colostrum and some indices of the blood metabolic profile of cows. *Czech Journal of Animal Science*, 52: 423-429.
- Krzyżewski T, 2007. Effect of different forms of zinc on body performance, mineral balance and some blood parameters in buffalo calves. *Journal of Animal and Feed Sciences* 16(4): 551-555.
- Lu H, Wu W, Zhao X, Abbas MW, Liu S, Hao L and Xue Y, 2023. Effects of Diets Containing Different Levels of Copper, Manganese, and Iodine on Rumen Fermentation, Blood Parameters, and Growth Performance of Yaks. *Animals (Basel)* 13(16): 26-51.
- Mallaki M, Norouzian MA and Khadem AA, 2015. Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization, and plasma zinc status in lambs. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 39: 75-80.
- Mandal GP, Dass RS, Isore DP, Garg AK and Ram GC, 2007. Effect of zinc supplementation from two sources on growth, nutrient utilization and immune response in male crossbred cattle (*Bos indicus*×*Bos taurus*) bulls. *Animal Feed Science and Technology* 138: 1–12.
- McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA, Sinclair LA and Wilkinson RG, 2011. *Animal Nutrition* 7th Edition. Benjamin Cummings, P. 712.
- Miller W, Clifton C, Fowler P and Perkins H, 1965. Influence of high levels of dietary zinc on zinc in milk, performance and biochemistry of lactating cows. *Journal of Dairy Science* 48: 450-453.
- Mohamed MY, Ibrahim K, Abd El Ghany FT and Mahgoup AAS, 2017. Impact of nano-zinc oxide supplementation on productive performance and some biochemical parameters of ewes and offspring. *Egyptian Journal of Sheep and Goats Sciences* 12(3): 1-16.
- Mostafa T, Bakr A and Ayyat M, 2019. Reproductive and Productive Efficiency of Maghrebi Dairy She-Camels Fed Diets Supplemented with Zinc-Methionine. *Biological Trace Element Research* 194: 135-144.
- Mousaie A, 2019. Dietary organic and inorganic zinc supplements in Kermani male lambs: Impacts on serum minerals, antioxidant status and some blood parameters. *Iranian Journal of Animal Science Research* 11(3), 319-329. (In Persian)
- Myers SA, 2015. Zinc transporters and zinc signaling: new insights into their role in type 2 diabetes. *International Journal of Endocrinology* 167503.
- Naghdi N, Valizadeh R, Naserian AA and Asoodeh A, 2018. Role of Dietary Zinc Supplementation on Performance of Fattening Lamb: A Meta-Analysis. *Iranian Journal of Animal Science Research* 10(3): 325-338. (In Persian)
- National Research Council, 2007. Nutrient requirements of small ruminants, sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academy Press, Washington, DC, 384 pp.

- Nematpoor M, rezayazdi K, ganjkanlou M and towhidi A, 2020. Effects of Zinc Sources on Bioavailability, Production Performance, and Digestibility in Early Lactation of Holstein Dairy Cows. *Research Animal Production* 11(27): 66-73. (In Persian)
- NooriyanSoroor ME, Kazemi S, Moeini MM and nikousefat Z, 2019. The effect of organic and inorganic supplements of zinc on growth parameters, carcass characteristics and serum Sanjabi Lambs. *Research Journal of Livestock Science* 31(121): 77-90. (In Persian)
- Pi ZK, Wu YM and Liu JX, 2005. Effect of pretreatment and pelletization on nutritive value of rice strawbased total mixed ration, and growth performance and meat quality of growing Boer goats fed on TMR. *Small Ruminant Research* 56(1-3): 81-88.
- Salama AA, Caja G, Albanell E, Such X, Casals R and Plaixats J, 2003. Effects of dietary supplements of zinc-methionine on milk production, udder health and zinc metabolism in dairy goats. *Journal of Dairy Research* 70(1): 9-17.
- Sobhanirad S, Carlson D and Kashani R, 2010. Effect of Zinc Methionine or Zinc Sulfate Supplementation on Milk Production and Composition of Milk in Lactating Dairy Cows. *Biological Trace Element Research* 136: 48-54.
- Solis JL, Sneed LE, Krehbiel CR, Ferrell CL and Johnson BJ, 2014. Effects of supplemental zinc source and level on performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing lambs. *Journal of Animal Science* 82(10): 2806-2815.
- Song W, Zhang J, Guo J, Zhang J, Ding F, Li L and Sun Z, 2010. Role of the dissolved zinc ion and reactive oxygen species in cytotoxicity of ZnO nanoparticles. *Toxicology letters* 199(3): 389-397.
- Soufi B, Alijoo YA, Khamisabadi H and Khoobbakht Z, 2022. The effect of inorganic, organic and nanozinc sources on growth performance, blood parameters and antioxidant activity of Sanjabi lambs. *Journal of Ruminant Research* 9(4): 19-32.
- Spears J, 1996. Organic trace minerals in ruminant nutrition. *Animal Feed Science and Technology* 58: 151-163.
- Spears JW and Kegley EB, 2002. Effect of zinc source (zinc oxide vs zinc proteinate) and level on performance, carcass characteristics, and immune response of growing and finishing steers. *Journal of Animal Science* 80(10): 2747-2752.
- Spears JW, Schegel P, Seal MC and Lloyd KE, 2004. Bioavailability of zinc from zinc sulphate and different zinc sources and their effects on ruminal volatile fatty acid proportions. *Livestock Production Science* 90: 211-217
- Suttle N, 2010. *Mineral Nutrition of Livestock*, fourthed, CABInternational, Wallingford, UK, p. 579.
- Toghdory AH, Asadi M, Hatami M and Ghassemi Nejad J, 2022. The effect of feeding fortified milk with organic iron supplementation on performance, diarrhea status and blood parameters in suckling Dalagh lambs. *Research on Animal Production*. 13(36): 66-73.
- Wenbin J, Xiaoping Z, Wei Z, Jianbo CH, Cuihua G and Zhihai J, 2009. Effects of source of supplemental zinc on performance, nutrient digestibility and plasma mineral profile in cashmere goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 12: 1648-1653.
- Wessels I, Maywald M and Rink L, 2017. Zinc as a Gatekeeper of Immune Function. *Nutrients* (12): 1286.
- Zaboli K and Elyasi MJ, 2021. Effects of different amounts of zinc on performance and some blood and ruminal parameters in Holstein suckling calves. *Journal of Ruminant Research* 9(3): 93-106. (In Persian)
- Zaboli K, Aliarabi H, Bahari AA and Abbas AKR, 2013. Role of dietary nano-zinc oxide on growth performance and blood levels of mineral: A study on in Iranian Angora (Markhoz) goat kids.
- Zhang G, Zhao J, Lin G, Guo Y, Li D and Wu Y, 2022. Effects of Protein-Chelated Zinc Combined with Mannan-Rich Fraction to Replace High-Dose Zinc Oxide on Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Intestinal Health in Weaned Piglets. *Animals (Basel)* 12(23): 3407.