

Original Article

Effect of different levels zinc supplementation (zinc oxide, zinc oxide nanoparticles and zinc-methionine) on blood metabolites and rumen parameters of Baluchi lambs

Marzieh Hashemzaei¹, Ghasem Jalilvand^{* 2}, Kamal Shojaeian², Amir Moosaei³,
Mostafa Yousef Elahi²

1- Ph.D. Students, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran.

2- Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran.

3- Assistant professor Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Jiroft University, Jiroft, Iran.

Received: 2024-11-01

Accepted: 2025-01-02

Revised: 2025-01-01

Published: 2025-06-22

* E-mail: jalilvand@uoz.ac.ir

Abstract

Introduction: Zinc plays an important role in metabolism, improving health and increasing the production of ruminant animals, and its deficiency causes a decrease in growth and a weakened immune system. Objective: To investigate the effect of different levels of zinc supplements (mineral, organic and nano) on some blood metabolites and rumen fermentation parameters of Baluchi lambs. **Methods:** This experiment was conducted on 24 male Baluchi lambs (3-4 months old and average weight 20 ± 2 kg) in a completely randomized design with four treatments and six repetitions for 70 days. Experimental treatments include: 1) basic diet without zinc supplement (control), 2) diet with 100 mg of zinc oxide, 3) diet with 25 mg of nano-zinc oxide, and 4) diet with 50 mg of zinc. All dosages were calculated per kilogram of dry matter intake. **Results:** There was no significant difference between the treatments in terms of serum glucose, total protein, albumin, urea, triglyceride, cholesterol, LDL, HDL, HDL/LDL ratio, calcium, phosphorus and copper concentrations ($P > 0.05$). The concentrations of thyroid hormones (T3 and T4) were significantly higher in treatments three and four, while iron and malondialdehyde levels were significantly lower in lambs fed nano-zinc oxide ($P < 0.05$). Also, rumen ammonia nitrogen concentration decreased in the third and fourth treatments, and total volatile fatty acids and acetate-propionate ratio increased significantly in these treatments compared to the control and second treatments ($P < 0.05$). **Conclusion:** Given the reduction in rumen ammonia nitrogen and the increase in volatile fatty acids and thyroid hormone levels, dietary supplementation with organic zinc-methionine and nano-zinc oxide—rather than zinc oxide—is recommended for Baluchi lambs.

Keywords: Blood metabolites, Minerals, Rumen fluid, Zinc supplement



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 \(CC BY 4.0\)](#)

تأثیر سطوح مختلف مکمل‌های روی (اکسید روی، نانوذرات اکسید روی و روی متیونین) بر فراسنجه‌های خون و شکمبه بره‌های نژاد بلوچی

مرضیه هاشم‌زایی^۱، قاسم جلیلونند^{۲*}، کمال شجاعیان^۳، امیر موسایی^۳، مصطفی یوسف الهی^۲

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۲- عضو هیات علمی گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۳- عضو هیات علمی گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.



تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳-۱۰-۱۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴-۰۴-۰۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳-۰۸-۱۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳-۱۰-۱۲

*E-mail: jalilvand@uoz.ac.ir

چکیده

مقدمه: روی نقش مهمی در متابولیسم، بهبود سلامت و افزایش تولید دام‌های نشخوارکننده دارد و کمبود آن باعث کاهش رشد و ضعف سیستم ایمنی می‌شود. هدف: بررسی تأثیر سطوح مختلف انواع مکمل‌های روی (معدنی، آلی و نانو) بر برخی متابولیت‌های خونی و فراسنجه‌های تخمیری شکمبه بره‌های نژاد بلوچی بود. **روش کار:** این آزمایش بر روی ۲۴ رأس بره نژاد بلوچی (با سن سه تا چهار ماه و میانگین وزن 20 ± 2 کیلوگرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و شش تکرار به مدت ۷۰ روز انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل (۱) جیره غذایی پایه بدون مکمل روی (شاهد)، (۲) جیره با ۱۰۰ میلی‌گرم اکسید روی، (۳) جیره با ۲۵ میلی‌گرم نانو اکسید روی و (۴) جیره با ۵۰ میلی‌گرم روی متیونین همه در هر کیلوگرم ماده خشک خوراک بودند. **یافته‌ها:** در بین تیمارها از نظر غلظت گلوکز، پروتئین کل، آلبومین، اوره، تری‌گلیسرید، کلسترول، LDL، HDL، نسبت LDL/HDL، کلسیم، فسفر و مس سرم اختلاف معناداری وجود نداشت ($P>0/05$). غلظت روی در تیمارهای مکمل نسبت به شاهد و غلظت هورمون‌های تیروئیدی ($3T$ و $4T$) در سرم خون تیمارهای سه و چهار افزایش یافت و غلظت آهن و مالون‌دی‌آلدئید پلاسما خون بره‌های تغذیه‌شده با نانو اکسید روی نسبت به دیگر تیمارها کاهش یافت ($P<0/05$). همچنین غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه در تیمارهای سه و چهار کاهش و کل اسیدهای چرب فرار و نسبت استات به پروپیونات در این تیمارها نسبت به تیمار شاهد و دوم به‌طور معناداری افزایش یافت ($P<0/05$). **نتیجه‌گیری:** با توجه به کاهش نیتروژن آمونیاکی شکمبه و افزایش اسیدهای چرب فرار و هورمون‌های تیروئیدی در خون، استفاده از مکمل آلی روی متیونین و نانو اکسید روی به جای اکسید روی در جیره بره‌های نژاد بلوچی توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: فراسنجه‌های خونی، مایع شکمبه، مکمل روی، مواد معدنی

مقدمه

روی یکی از عناصر کم‌نیاز مهم و بخشی از سیستم‌های آنزیمی است که در سلامت، تولید و سیستم ایمنی دام‌های نشخوارکننده اهمیت ویژه‌ای دارد. بسیاری از اعمال حیاتی بدن مانند رشد، ساختمان هورمون‌ها، آنزیم‌ها، سنتز و متابولیسم طبیعی پروتئین و بیان ژن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث تثبیت ساختمان DNA، RNA و ریبوزوم‌ها می‌شود. نشانه‌های کمبود روی در حیوانات نشخوارکننده شامل کاهش مصرف خوراک، کاهش نرخ رشد و بازده استفاده از خوراک است (۱). در شرایط طبیعی و در دام‌هایی با تولید پایین، کمبود روی مشاهده نمی‌شود، اما در دام‌هایی با رشد و تولید بالا، کمبود این عنصر سبب کاهش رشد، ضعف سیستم ایمنی، اختلال‌های تولید مثلی و تحت تأثیر قرار گرفتن بیان ژن‌ها می‌شود (۲). حداقل مقدار روی مورد نیاز بره‌ها ۳۳ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک کل جیره است، اما بره‌های در حال رشد به مقدار بیشتری روی نیاز دارند تا رشد بافت‌ها، بازدهی تولید و تولید مثل مناسب، سلامت و تقویت سیستم ایمنی و رشد میکروارگانیسم‌های شکمبه آن‌ها را تأمین کند (۳). روی در روند تجزیه پروتئین‌ها و تولید آمونیاک در شکمبه نقش دارد و از این طریق میزان اوره خون را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۴). روی می‌تواند بر هورمون‌های تیروئیدی که نقش مهمی در رشد و نمو بدن دارند، تأثیر بگذارد. کمبود روی با کاهش کارایی گیرنده‌های T3 همراه است و باعث کاهش تأثیر هورمون‌های تیروئیدی می‌شود (۵). انجمن ملی تحقیقات آمریکا (NRC, 2007) مقدار روی مورد نیاز بره‌های در حال رشد را ۴۲ تا ۱۵ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک جیره توصیه کرده است (۶).

رایج‌ترین مکمل روی نوع اکسید آن است، اما زیست‌فراهمی منابع معدنی عناصر معمولاً کمتر از منابع نانو و آلی آن است. بنابراین، ایده استفاده از عناصر آلی و نانوذرات در تغذیه حیوانات مختلف گسترش یافته است (۷، ۸). نانوذرات عناصر فلزی به دلیل ویژگی‌هایی مانند کاهش اندازه ذرات در مقیاس نانو و دارا بودن سطح بزرگ‌تر نسبت به حجم، فعالیت سطحی بالاتر، راندمان کاتالیزوری بالا و ظرفیت جذب قوی‌تر، فراهمی زیستی و کارایی بیشتری دارند (۹). بنابراین به راحتی توسط سیستم گوارشی دام‌ها جذب می‌شوند (۱۰) و از طریق خون در بافت‌های مختلف بدن به‌ویژه کبد در بدن توزیع می‌شوند (۲). از مکمل نانوذرات اکسید روی می‌توان به‌عنوان محرک رشد، آنتی‌اکسیدان، ترکیب ضد تنش و ضد التهاب و افزایش کارایی سیستم ایمنی در جیره دام‌های مختلف استفاده کرد

(۸). میزان جذب ذرات مکمل نانو روی در مقایسه با دیگر منابع روی در میکروارگانیسم‌های شکمبه و روده بیشتر انجام می‌گیرد و باعث افزایش هضم و تخمیر در شکمبه و تعادل مواد مغذی می‌شود و تولید و سلامتی دام را افزایش می‌دهد (۱۱). نظر به اینکه تاکنون تحقیقات مقایسه‌ای کاربردی اندکی در رابطه با اثرات منابع مختلف روی (معدنی، آلی و نانو) در دام‌های کشور ما، به‌ویژه گوسفند، انجام شده است، از این رو، این آزمایش با هدف مقایسه تأثیرات مکمل کردن عنصر روی معدنی (اکسید روی)، نانو (نانو اکسید روی) و آلی (روی-متیونین) بر غلظت مواد معدنی، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای بره‌های در حال رشد نژاد بلوچی صورت گرفت.

جدول ۱. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه

ماده خوراکی	مقدار (درصد)
علوفه یونجه	۲۶
کاه	۴
سبوس گندم	۵
کنجاله سویا	۱۰
دانه جو	۵۳
بی‌کربنات سدیم	۰/۵
کربنات کلسیم	۰/۵
مکمل معدنی و ویتامینی	۱
مواد مغذی جیره	مقدار
انرژی متابولیسمی (مگا کالری در کیلوگرم پروتئین (%))	۲/۴
خاکستر (%))	۱۵/۵
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (%))	۸
روی (میلی‌گرم در کیلوگرم خوراک)	۳۴
	۳۹

غلظت مواد معدنی و ویتامین‌ها در هر کیلوگرم مکمل: کلسیم ۱۹۶، فسفر ۳۰، سدیم ۵۰، منیزیم ۱۸، آهن ۳ و منگنز ۲ گرم؛ سلنیوم ۱۰، مس ۳۰۰، کبالت ۱۰۰، ید ۱۰۰ و آنتی‌اکسیدان ۴۰۰ میلی‌گرم؛ ویتامین A ۵۰۰۰۰۰ واحد، ویتامین D ۱۰۰۰۰۰ واحد و ویتامین E ۱۰۰ میلی‌گرم. ۲. انرژی قابل سوخت و ساز (مگا کالری در کیلوگرم جیره) توسط نرم افزار جیره نویسی نشخوارکنندگان کوچک (SRNS) محاسبه شده است.

مواد و روش‌ها

دام‌ها، روش تغذیه و تیمارها

نانو اکسید روی و (۴) جیره شاهد با ۵۰ میلی گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک خوراک به شکل روی متیونین بودند. مکمل نانو اکسید روی از شرکت دانش بنیان نانو مواد گستران پارس تهران تهیه شد. جیره‌های آزمایشی با استفاده از نرم افزار سیستم تغذیه نشخوارکنندگان کوچک (SRNS نسخه ۴۴۶۸,۹,۱) تنظیم شدند (جدول ۱).

تغذیه و نگهداری دام‌ها در جایگاه‌های انفرادی انجام شد. خوراک‌دهی بره‌ها روزی دو بار (۸ صبح و ۵ عصر) انجام گرفت. در ابتدای هر روز قبل از تغذیه صبح کل خوراک باقی مانده هریک از بره‌ها جداگانه جمع‌آوری و توزین و سپس خوراک جدید در آخورها توزیع می‌شد. در طول شبانه‌روز آب آشامیدنی به‌طور آزاد در دسترس بره‌ها قرار داده شد.

نمونه‌گیری و آزمایش‌ها

سنگش ترکیبات شیمیایی جیره براساس روش‌های AOAC انجام

این پژوهش در ایستگاه تحقیقاتی مزرعه سد سیستان دانشگاه زابل در تابستان ۱۴۰۲ انجام شد. بدین منظور از تعداد ۲۴ رأس بره نر نژاد بلوچی با سن سه تا چهار ماه (متوسط وزن 20 ± 2 کیلوگرم) با چهار تیمار و شش تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی به مدت ۷۰ روز (۱۰ روز سازگاری و ۶۰ روز آزمایش) استفاده شد. جایگاه قبل از شروع آزمایش، تمیز و سپس با شعله‌افکن ضد عفونی شد. در ابتدای ورود بره‌ها به ایستگاه تحقیقاتی، عمل شست‌وشو، پشم‌چینی و خوراندن قرص ضد انگل انجام شد. بره‌ها قبل از شروع دوره اصلی توزین و سپس به‌طور تصادفی به چهار گروه (هر تیمار شامل شش بره) تقسیم شدند. تیمارها شامل (۱) جیره غذایی پایه بدون مکمل روی (شاهد)، (۲) جیره شاهد با ۱۰۰ میلی گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک خوراک به شکل اکسید روی، (۳) جیره شاهد با ۲۵ میلی گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک خوراک به شکل

جدول ۲. تأثیر مکمل‌های روی بر فراسنجه‌های خونی بره‌ها

P-value	SEM	۵۰ میلی گرم روی متیونین	۲۵ میلی گرم نانو اکسید روی	۱۰۰ میلی گرم اکسید روی	شاهد (فاقد مکمل روی)	فاکتورهای خونی
۰/۲۱	۰/۴۵۹	۵۵/۲۸	۵۴/۷۱	۵۶/۴۱	۵۶/۷۴	گلوکز (mg/dl)
۰/۴۲	۲/۵۴	۱۸/۶۵	۱۷/۵۶	۱۸/۷۱	۱۷/۸۶	تری گلیسرید (mg/dl)
۰/۲۲	۱/۳۷	۴۶/۸۳	۴۵/۱۹	۴۴/۷۹	۴۶/۴۲	کلسترول (mg/dl)
۰/۰۹	۰/۷۳۸	۳۵/۴۱	۳۵/۲۵	۳۶/۲۳	۳۶/۵۹	HDL (mg/dl)
۰/۶۳	۰/۳۷۴	۱۳/۴۹	۱۳/۵۷	۱۳/۶۷	۱۳/۸۱	LDL (mg/dl)
۰/۲۴	۰/۰۹۷	۲/۶۲	۲/۵۸	۲/۶۳	۲/۶۴	HDL/LDL
۰/۳۷	۰/۱۸	۶/۸۳	۶/۶۷	۶/۷۱	۶/۵۵	پروتئین تام (g/dl)
۰/۸۹	۰/۰۹۱	۱/۸۱	۱/۷۷	۱/۹۲	۱/۸۳	آلبومین (g/dl)
۰/۳۴۱	۰/۲۵۷	۵۵/۹۶	۵۶/۱۵	۵۶/۴۲	۵۶/۷۴	اوره (mg/dl)
۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۴	۲/۵۶ ^{ab}	۲/۲۵ ^b	۲/۴۹ ^{ab}	۲/۷۶ ^a	مالون دی‌آلدئید (nmol/ml)
۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳	۱/۷۶ ^a	۱/۷۲ ^a	۱/۶۹ ^{ab}	۱/۵۴ ^b	(nmol/l) T ₃
۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۷	۱۷/۰۳ ^a	۱۶/۹۷ ^a	۱۶/۲۶ ^{ab}	۱۵/۴۱ ^b	(nmol/l) T ₄
۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۵	۹/۶۷ ^b	۹/۸۶ ^b	۹/۶۲ ^b	۱۰/۰۱ ^a	T ₄ :T ₃
۰/۶۲	۰/۰۶۱	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۹	TSH

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها، P-value: سطح معناداری

a-b-c حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنادار است (P<0/05).

جدول ۳. تأثیر مکمل‌های روی بر مواد معدنی خون بره‌ها

تیمارها	روی (mg/l)	آهن (mg/l)	فسفر (mg/dl)	کلسیم (mg/dl)	مس (mg/l)
شاهد (فاقد مکمل روی)	۰/۹۴ ^b	۱/۹۸ ^a	۷/۹۰	۹/۱۲	۱/۱۷
۱۰۰ میلی گرم اکسید روی	۱/۳۷ ^a	۱/۸۱ ^b	۸/۱۵	۹/۵۷	۱/۲۱
۲۵ میلی گرم نانواکسید روی	۱/۳۹ ^a	۱/۷۴ ^c	۷/۹۸	۹/۴۸	۱/۱۸
۵۰ میلی گرم روی متیونین	۱/۴۲ ^a	۱/۸۵ ^b	۸/۲۲	۹/۵۱	۱/۲۰
SEM	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۶۱	۰/۰۶۷	۰/۰۰۱
P-value	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۱۹	۰/۸۶	۰/۱۹

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها، P-value: سطح معناداری

a-b-c حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنادار است (P<0/05).

در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. غلظت روی، آهن و مس بعد از هضم با دستگاه جذب اتمی (Spectr Variant, 220AA) و غلظت کلسیم و فسفر به وسیله دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شدند. گلوکز، تری‌گلیسرید، LDL، HDL، کلسترول به وسیله کیت‌های ساخت شرکت پارس آزمون طبق دستورالعمل سازنده کیت و با دستگاه اتوآنالایزر و غلظت هورمون‌های T4، T3 و TSH به وسیله کیت الایزا اندازه‌گیری شد. برای تعیین فراسنجه‌های شکمبه‌ای در هر دوره، نمونه مایع شکمبه بره‌ها با استفاده از پمپ و لوله مری (چهار ساعت پس از تغذیه) اخذ و سپس با چهار لایه

شد (۲۱). مقدار پروتئین خام نمونه از روش کج‌دال و دستگاه تقطیر و تیترا کج‌دال (Gerhardt مدل EV40) و مقدار الیاف نامحلول در شوینده خشتی (NDF) با استفاده از دستگاه فایبرگ (Gerhardt مدل EV1 ساخت آلمان) مطابق روش ون‌سوست (۱۳) تعیین شد. خون‌گیری از تمام بره‌ها از طریق ورید و داج در روزهای ۱۵، ۳۰۰، ۴۵ و ۶۰ دوره آزمایش پس از طی دوره گرسنگی شبانه انجام شد. نمونه‌های خون به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ (با ۳۰۰۰ دور در دقیقه) شدند و پلاسما یا سرم آن‌ها جدا و در ۲ لوله آزمایش مجزا جمع‌آوری شدند. به منظور اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی، نمونه‌ها

جدول ۴. تأثیر مکمل‌های روی بر فراسنجه‌های تخمیری شکمبه بره‌ها

شاهد	۱۰۰ میلی گرم	۲۵ میلی گرم	۵۰ میلی گرم روی	SEM	P-value
شاهد (فاقد مکمل روی)	اکسید روی	نانواکسید روی	متیونین		
pH	۶/۵۸	۶/۵۷	۶/۵۵	۶/۵۹	۰/۱۳
نیترژن آمونیاکی (mg/dL)	۱۰/۵۱ ^a	۹/۵۴ ^b	۸/۹۱ ^c	۸/۸۵ ^c	۰/۰۰۷
اسیدهای چرب فرار (mmol/L)	۷۱/۳۷ ^c	۷۴/۵۶ ^b	۷۸/۳۱ ^a	۷۷/۹۶ ^a	۰/۰۰۲۱
اسید استیک (درصد)	۶۱/۲۲ ^b	۶۴/۰۰ ^a	۶۳/۷۴ ^a	۶۳/۷۰ ^a	۰/۰۰۵
اسید پروپیونیک (درصد)	۲۴/۸۶	۲۳/۹۹	۲۲/۴۵	۲۲/۵۱	۰/۰۶۲
اسید بوتیریک (درصد)	۱۰/۸۱ ^a	۸/۷۶ ^{ab}	۶/۱۳ ^c	۷/۳۲ ^b	۰/۰۰۱
اسید ایزوبوتیریک (درصد)	۱/۷۱ ^a	۱/۷۵ ^{ab}	۱/۳۰ ^b	۱/۳۹ ^b	۰/۰۰۲
اسید والریک (درصد)	۱/۶۵	۱/۶۶	۱/۶۰	۱/۶۴	۰/۵۴
اسید ایزو والریک (درصد)	۱/۳۷	۱/۴۱	۱/۴۶	۱/۳۸	۰/۲۷۱
استات / پرپیونات (درصد)	۲/۴۶ ^c	۲/۶۶ ^b	۲/۸۷ ^a	۲/۸۶ ^{ab}	۰/۰۰۳

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها، P-value: سطح معناداری

a-b-c حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنادار است (P<0/05).

آمونیاکی کمتری داشتند ($P<0/05$). اسیدهای چرب فرار و استات به طور معناداری در گروه‌های آزمایشی نسبت به گروه شاهد افزایش یافت ($P<0/05$)، همچنین میزان بوتیرات و ایزو بوتیرات هم تحت تأثیر مکمل‌های آزمایشی قرار گرفت و کاهش معناداری در تیمار ۳ و ۴ (۲۵ و ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم نانو روی و روی متیونین) مشاهده شد. نسبت استات به پروپیونات در تیمار ۳ و ۴ نسبت به تیمار شاهد و تیمارهای دریافت‌کننده اکسید روی افزایش قابل ملاحظه‌ای یافت.

بحث

داده‌های جدول ۲ نشان می‌دهد که تیمارهای مکمل روی بر مقدار گلوکز، تری گلیسیرید، کلسترول، HDL، LDL، پروتئین کل، آلبومین و اوره خون بره‌ها تأثیری نداشتند. همسو با نتایج حاضر موسوی اسفیوخی و همکاران در سال ۲۰۲۴ (۱۶) گزارش کردند که افزودن مقدار ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم مکمل روی به صورت معدنی (سولفات) و آلی (پیتاید) تأثیر معناداری بر مقادیر غلظت کلسترول و تری گلیسیرید سرم خون بره‌ها نداشت. دهقان و همکاران در سال ۲۰۱۸ (۱۷) با استفاده از مکمل نانوروی و اکسید روی نیز تغییری در غلظت گلوکز، آلبومین، اوره و پروتئین تام خون در بره‌های پروراری مشاهده نکردند. در نتایج مطالعات دیگر نیز غلظت گلوکز، آلبومین، اوره و پروتئین کل در پلاسمای خون در گاوهای شیری هلشتاین تحت تأثیر مصرف مکمل روی قرار نگرفت (۱۸). تأثیر نداشتن سطوح انواع مکمل مختلف روی بر گلوکز خون احتمالاً به دلیل وجود نسبت‌های مولی مشابه پروپیونات (پیش‌ساز اصلی گلوکز خون در نشخوارکنندگان) در شکمبه است (۱۹).

همسو با نتایج حاضر سبحانی‌راد و همکاران در سال ۲۰۱۴ (۲۰) گزارش کردند که مکمل‌سازی جیره پایه (حاوی ۳۳ میلی گرم در کیلوگرم روی) در بره‌های بلوچی با مقادیر ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم روی، تأثیر معناداری بر مقادیر غلظت کلسترول و تری گلیسیرید سرم خون آن‌ها نداشت. همچنین عل‌محمدی و همکاران (۲۱) در بره‌های نر با استفاده از ۳۰ میلی گرم روی از منابع مختلف آلی و معدنی (روی متیونین، روی پروتئینات، روی گلايسينات و روی سولفات) نشان دادند که تیمارها از نظر تری گلیسیرید، کلسترول و لیپوپروتئین‌ها (LDH, LDL) اختلاف معناداری نداشتند. تأثیر نداشتن تیمارهای آزمایشی پژوهش

پارچه فیلتر شده و بلافاصله اسیدیته آن با pH متر اندازه‌گیری شد. نیتروژن آمونیاکی با دستگاه اسپکتروفتومتر و اسیدهای چرب فرار با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی اندازه‌گیری شدند (۴۱). تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به دست آمده از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ (۱۵) و رویه GLM انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از مدل زیر انجام شد.

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

در این مدل Y_{ij} مقدار مشاهده تیمار i ام در تکرار j ام، μ اثر میانگین و T_i اثر تیمار i ام، e_{ij} اثر خطای آزمایشی مربوط به تیمار i ام در تکرار j ام بود.

نتایج

داده‌های جدول ۲ نشان می‌دهد که تیمارها تأثیر معناداری بر غلظت گلوکز، آلبومین، تری گلیسیرید، کلسترول، HDL، LDL، نسبت LDL/HDL، اوره و هورمون TSH در سرم خون بره‌ها نداشتند. شاخص مالون‌دی‌آلدئید در تیمار نانو اکسید روی نسبت به شاهد تفاوت معناداری داشت ($P<0/05$). نوع مکمل، غلظت T_3 و T_4 را تحت تأثیر قرار داد و افزودن ۲۵ و ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم به ترتیب نانوروی و روی متیونین باعث افزایش معناداری نسبت به گروه شاهد شد ($P<0/05$). نسبت T_3/T_4 نیز در هر سه گروه دریافت‌کننده مکمل روی (اکسید روی، نانو اکسید روی و روی متیونین) کمتر از گروه شاهد بود. داده‌های جدول ۳ نشان می‌دهد افزودن مکمل روی در هر دو شکل آلی و غیر آلی سبب افزایش معناداری ($P<0/05$) در غلظت روی پلازما در گروه‌های دریافت‌کننده مکمل روی نسبت به گروه شاهد شد، اما در بین نوع تیمارهای دریافت‌کننده مکمل روی اختلاف آماری معناداری مشاهده نشد. غلظت آهن پلاسمای خون بره‌های مورد آزمایش به طور معناداری کاهش یافت ($P<0/05$). افزودن مکمل‌های روی تأثیر معناداری بر غلظت فسفر، کلسیم و مس پلاسمای خون بره‌ها نداشت.

داده‌های جدول ۴ نشان می‌دهند که تیمارهای آزمایشی بر pH مایع شکمبه تأثیر معناداری نداشتند ($P>0/05$). نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه تحت تأثیر استفاده از مکمل‌های آلی و معدنی روی قرار گرفت و گروه‌های آزمایشی نسبت به گروه شاهد نیتروژن

مکمل‌شده با روی، این شاخص در تیمارهای دریافت‌کننده نانو اکسید روی و روی متیونین نسبت به گروه شاهد تفاوت معناداری داشت ($p < 0/05$)، گروه دریافت‌کننده ۲۵ میلی گرم نانو اکسید روی با میزان ۲/۲۵ در مقابل دیگر تیمارها کاهش معناداری داشت (جدول ۲). یکی از محصولات نهایی پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع در سلول‌ها مالون‌دی‌آلدئید است و نشانه استرس اکسیداتیو، به‌عنوان یک مولکول سمی است (۲۴). استرس اکسیداتیو باعث آسیب پراکسیداتیو لیپیدها و دیگر ماکرومولکول‌ها و در نهایت تغییر غشای سلولی و ساختار و عملکرد دیگر اجزای سلولی و آسیب بافتی و بیماری‌های التهابی می‌شود (۲۸). عنصر روی به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان با جلوگیری از پراکسیداسیون چربی‌ها از سلول‌ها در برابر تأثیرات مخرب گونه‌های فعال اکسیژن محافظت می‌کند (۲۹). در ارتباط با تأثیر مکمل کردن عنصر روی بر شاخص مالون‌دی‌آلدئید، در مطالعات پیشین، استفاده از ۲۰ یا ۴۰ میلی گرم روی در کیلوگرم ماده خشک جیره بره‌ها از نوع آلی باعث کاهش شاخص مالون‌دی‌آلدئید شد (۲۸)، که همسو با نتایج این پژوهش است. اما در آزمایش دیگری استفاده از سطوح ۳۵ و ۴۵ میلی گرم روی به شکل‌های آلی و معدنی در جیره بره‌ها تأثیری بر پایین آمدن شاخص مالون‌دی‌آلدئید نسبت به گروه شاهد نداشت (۳۰).

نوع مکمل افزوده‌شده در تیمارها غلظت هورمون‌های تیروئیدی T3 و T4 را تحت تأثیر قرار داد و افزودن ۲۵ و ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم به‌ترتیب نانو روی و روی متیونین باعث افزایش معناداری نسبت به گروه شاهد شدند ($p < 0/05$). با توجه به بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی خون بره‌های تغذیه‌شده با روی در مطالعه حاضر، بخشی از کاهش هورمون‌های تیروئید در بره‌های گروه شاهد احتمالاً به‌دلیل اختلال در عملکرد آنتی‌اکسیدانی و سنتز هورمون‌های تیروئید باشد (۲۴). غلظت‌های پایین‌تر T4 و T4 در گروه شاهد در مقایسه با گروه‌های دریافت‌کننده مکمل روی، با نتایج گزارش‌های قبلی که نشان‌دهنده کاهش غلظت T3 و T4 در حیوانات با کمبود روی بود، مطابقت دارد (۳۱). نسبت T3/T4 در همه گروه‌های دریافت‌کننده مکمل روی (اکسید روی، نانو اکسید روی و روی متیونین) کمتر از گروه شاهد بود. پژوهشگران دیگر (۱۸) نیز مشابه این نتایج را در استفاده از مکمل‌های روی متیونین، روی پروتئینات و روی گلیسینات در

حاضر بر غلظت تری‌گلیسرید و کلسترول سرم نشان می‌دهد که هرچند عنصر روی نقشی ضروری در متابولیسم انرژی و چربی در بدن دارد، اما استفاده از شکل‌های مختلف عنصر روی یا افزایش سطح روی به‌بیشتر از حد توصیه NRC تأثیری بر متابولیسم و انتقال لیپیدها در بدن گوسفندان آزمایشی نداشته است (۲۲).

استفاده از انواع مکمل روی در پژوهش حاضر تأثیر معناداری بر غلظت پروتئین تام خون نداشت. موافق با نتایج این پژوهش، استفاده از مکمل روی نیز تغییری در غلظت پروتئین تام خون گاوها (۲۳) و همچنین در بره‌ها (۱۶) ایجاد نکرد. اما در پژوهشی، افزودن اکسید روی به جیره گوسفندانی که از قبل دچار کمبود روی بودند، سبب افزایش پروتئین کل سرم خون شد (۲۴). این اختلاف می‌تواند به‌دلیل شرایط متفاوت این تحقیق (کمبود روی) با بررسی حاضر باشد. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود غلظت آلبومین، اوره و TSH گروه‌های آزمایشی تحت تأثیر افزودن سطوح مکمل‌های روی به جیره قرار نگرفتند ($p < 0/05$). تأثیر نداشتن نوع منبع عنصر روی (آلی یا نانو) و سطح مکمل روی بر غلظت آلبومین سرم در پژوهش حاضر نشانه عملکرد طبیعی کبد در بره‌هاست، زیرا کبد اندام اصلی تولیدکننده آلبومین است. در برخی آزمایش‌ها نیز غلظت آلبومین خون در گاوهای هلشتاین تحت تأثیر مصرف مکمل روی قرار نگرفته است (۲۳).

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر نیتروژن آمونیاکی شکمبه معنادار شد و در تیمارهای آزمایشی مقادیر آن‌ها کاهش یافت. گزارش پژوهشگران (۲۵) نیز کاهش نیتروژن آمونیاکی شکمبه با مصرف انواع مکمل روی را تأیید می‌کند.

تأثیر نداشتن تیمارها بر اوره خون در بررسی حاضر همسو با نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش‌های دیگر (۲۶) است که نبود تأثیر مکمل‌های روی بر غلظت نیتروژن اوره‌ای خون گاوها را گزارش کردند. نتایج پژوهش‌های دیگر در دام‌های نشخوارکننده (۱۶) نبود تأثیر مکمل‌های روی بر غلظت نیتروژن اوره‌ای خون را گزارش کردند. بنابراین نبود تفاوت بین غلظت اوره خون نیز قابل انتظار است، زیرا بخش زیادی از نیتروژن اوره‌ای خون در دام‌های نشخوارکننده از منشأ آمونیاک آزادشده در شکمبه است (۲۷).

به‌رغم کمتر بودن شاخص مالون‌دی‌آلدئید در همه تیمارهای

جیره بره‌ها گزارش کردند. روی همچنین برای فعالیت آنزیم دیدیناز که از نظر بیولوژیکی T4 را به T3 تبدیل می‌کند، لازم است (۳۲). نسبت پایین‌تر T4 به T3 در گروه‌های مکمل‌شده با شکل‌های مختلف روی در مطالعه ما نشان می‌دهد که فعالیت دیدیناز به وسیله منابع متفاوت روی بهبود یافته است. این نتایج در مطالعه پژوهشگران دیگر (۲۲) نیز گزارش شده است. آن‌ها با استفاده از ۳۰ میلی‌گرم مکمل روی متیونین، روی پروتئینات و روی گلیسینات در جیره بره‌ها مقادیر T3 (۱/۴۷ تا ۱/۶۵)، T4 (۱۶/۴ تا ۱۷/۰۹) و نسبت T4 به T3 (۱۰/۳۴ تا ۱۱/۱۹) گزارش کردند که نزدیک به مقادیر این تحقیق است (جدول ۲). همسو با این نتایج در پژوهشی گزارش شد که افزودن روی به گروه‌های آزمایشی صرف‌نظر از نوع منبع مکمل روی، وضعیت هورمون‌های تیروئیدی را بهبود بخشید (۱۶).

نتایج به‌دست‌آمده از غلظت مواد معدنی تحت تأثیر افزودن انواع مکمل‌های آلی و معدنی روی در جدول ۳ نشان داده شده است. افزودن مکمل‌های روی (اکسید روی، نانوآکسید روی و روی متیونین) به جیره بره‌های پرواری سبب افزایش معنادار (p<0/05) غلظت روی نسبت به گروه شاهد شد. اما در بین نوع تیمارهای دریافت‌کننده مکمل روی، اختلاف آماری معناداری مشاهده نشد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های فدایی‌فر و همکاران در سال ۲۰۱۲ (۳۳)، مبنی بر افزایش غلظت روی پلاسما با افزودن مکمل آلی و معدنی این عنصر به جیره پایه مطابقت دارد. غلظت روی پلاسما در نشخوارکنندگان در دامنه ۰/۸ تا ۱/۴۳ میلی‌گرم در لیتر قرار دارد (۲) و نتایج این پژوهش نیز در این محدوده است. در پژوهش حاضر نیز غلظت روی در گروه شاهد نزدیک به مقدار حداقل بوده و به نظر می‌رسد که افزایش مشاهده‌شده در غلظت روی در گروه‌های دریافت‌کننده مکمل نسبت به گروه شاهد، ممکن است نشانه این باشد که میزان روی جیره پایه مطلوب نبوده است و استفاده از انواع مکمل‌های روی سبب بهبود غلظت روی خون شده است. در بین تیمارهای دریافت‌کننده روی، تفاوتی از نظر غلظت روی خون بره‌ها وجود نداشت که همسو با نتایج گزارش‌شده پژوهشگران (۱۰) به‌صورت روی پروتئینات در گوساله‌ها و دیگر پژوهشگران (۲۸) به‌صورت روی متیونین در بزهای شیری بود. در یک بررسی افزودن ۲۵۰ قسمت در میلیون مکمل روی در جیره بزهای آنقوره نیز تأثیری بر میزان روی پلاسما بزها نداشت (۳۵).

افزودن مکمل‌های روی باعث افزایش غلظت مس، کلسیم و فسفر شد، اما اختلاف معناداری بین تیمارها مشاهده نشد. دیگر پژوهشگران (۲۰) نیز تفاوت معناداری در کلسیم و فسفر پلاسما بره‌های مصرف‌کننده روی به مقدار ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از نوع روی پروتئینات و سولفات روی مشاهده نکردند. غلظت کلسیم سرم در نشخوارکنندگان در دامنه ۹۰ تا ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر و غلظت فسفر در دامنه ۶۱ تا ۹۲ میلی‌گرم در لیتر قرار دارد (۲) که با داده‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد. همسو با نتایج حاضر، پژوهشگران دیگر (۳۹) نیز در پژوهش خود که بر روی بره‌های پرواری انجام دادند، تفاوت معناداری در غلظت کلسیم و فسفر سرم خون با افزودن سولفات روی و روی متیونین مشاهده نکردند. تنوع نوع دام، شرایط تولیدی، سن، غلظت روی جیره پایه و شرایط آب‌وهوایی از دلایل تفاوت در نتایج پژوهش‌های مختلف است (۲۷). غلظت آهن خون بره‌های مورد آزمایش به‌طور معناداری کاهش پیدا کرد (p<0/05). دیگر پژوهشگران (۳۴) نیز گزارش کردند که با افزودن ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خوراک به شکل سولفات روی یا روی متیونین به جیره پایه دارای ۳۴ میلی‌گرم در کیلوگرم روی در بره‌های در حال رشد، غلظت آهن سرم به‌طور معناداری کاهش یافت، که می‌تواند تأییدی بر نتایج مطالعه حاضر باشد.

پایین‌تر بودن مقادیر آهن در گروه‌های مصرف‌کننده مکمل روی نسبت به گروه شاهد را می‌توان به اثر رقابتی روی و عناصر دوظرفیتی از جمله آهن هنگام جذب نسبت داد (۲). در برخی گزارش‌ها با افزودن انواع مکمل روی به جیره گوساله‌ها و بره‌ها، میزان آهن خون تحت تأثیر قرار نگرفت (۲۶، ۲۷). علت این نتایج متفاوت در آزمایش‌ها احتمالاً ترکیب جیره، میزان مصرف مکمل روی، میزان آهن در جیره پایه است. مقدار عنصر مس در پلاسما خون بره‌ها در این پژوهش تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. سایر پژوهشگران (۱۸، ۲۸) نیز با افزودن مکمل‌های معدنی و آلی روی در جیره بزها و گوساله‌ها تغییری در میزان مس در خون دام‌ها مشاهده نکردند.

در پژوهش حاضر، pH مایع شکمبه در دامنه مناسب (بین ۶ تا ۷) قرار داشت و تحت تأثیر استفاده از مکمل‌های روی در تیمارها قرار نگرفت. اسیدهای چرب فرار و نیتروژن آمونیاکی تحت تأثیر مکمل روی قرار گرفتند و تفاوت آماری معناداری بین تیمارهای دریافت‌کننده ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک به‌ترتیب

شکبه گوساله‌های پرواری با استفاده از مکمل نانوذرات روی گزارش شد (۳۷). دلیل ناهمگونی نتایج آزمایش‌های مختلف تأثیر مواد معدنی به علت عواملی مانند نوع دام، شرایط تولیدی و نوع تولید، سن دام، غلظت ماده معدنی در جیره پایه و شرایط آب‌وهوایی است (۱۹).

نتیجه‌گیری کلی: به‌طور کلی نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش نشان داد که افزودن مکمل روی نانو باعث کاهش میزان مالون‌دی‌آلدئید و هورمون‌های T3 و T4 و افزایش غلظت روی در پلاسماي خون بره‌های مورد مطالعه می‌شود. در تیمارهای مکمل میزان نیتروژن آمونیاکی شکبه کاهش و مقدار اسید استیک در آن‌ها افزایش یافت. در گروه نانوآکسید روی و روی متیونین میزان اسید پریپونیک کاهش و در همه گروه‌های مکمل نسبت استات به پریپونات افزایش یافت. بنابراین، استفاده از مکمل روی متیونین و نانوآکسید روی نسبت به مکمل معدنی اکسید روی مؤثرتر است.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافی وجود ندارد.

منابع

- 1-Spears JW, Schlegel P, Seal MC, Lloyd KE. Bioavailability of zinc from zinc sulfate and different organic zinc sources and their effects on ruminal volatile fatty acid proportions. *Lives Prod Sci.* 2004; 90: 211-217.
- 2-Suttle N. Mineral nutrition of livestock, 4th Edition. Honorary Research Fellow Moredun Foundation Pentland Science Park Bush Loan Penicuik Midlothian EH26 0PZ, UK, 2010; CAB International.
- 3-Grešáková L, Tokarcíková K, Cobanová K. Bioavailability of dietary zinc sources and their effect on mineral and antioxidant status in lambs. *Agri.* 2021; 11:1-13.
- 4-Fesseha H, Degu T, Getachew Y. Nanotechnology and its application in animal production: A review. *Vet Med Open J.* 2020; 52:43-50.
- 5-Gupta RP, Verma PC, Garg SL. Effect of experimental zinc deficiency on thyroid gland in guinea pigs. *Ann Nutr and Meta.* 1997; 41:376-381.

نانوروی و روی متیونین وجود داشت ($p < 0/05$). پژوهشگران (۳۵) در یک آزمایش با استفاده از انواع مکمل‌های آلی و معدنی روی گزارش کردند که متابولیت‌های شکبه (نیتروژن آمونیاکی و اسیدهای چرب فرار) تحت تأثیر مکمل روی قرار گرفتند. همچنین گزارش شده که افزایش در میزان اسیدهای چرب فرار به دلیل افزایش در قابلیت هضم ظاهری مواد آلی است (۲۶).

میزان اسیدیته شکبه بره‌ها تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. در یک بررسی مکمل روی و منگنز از طریق کانولای شکبه به تلیسه‌ها تزریق و پس از ۲ ساعت مشاهده شد که pH شکبه کاهش و پس از ۵ ساعت افزایش یافت (۱۰). اما در پژوهشی دیگر با افزودن ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم مکمل روی متیونین به جیره بره‌ها تغییری در pH شکبه آن‌ها مشاهده نشد (۲۰). احتمالاً این تأثیرهای متفاوت به علت استفاده از جیره‌های متفاوت، نحوه و زمان اندازه‌گیری pH مایع شکبه است. تیمارهای دریافت‌کننده ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوآکسید روی و روی متیونین نسبت به دیگر تیمارها کاهش معناداری در غلظت نیتروژن آمونیاکی و افزایش معناداری در غلظت کل اسیدهای چرب فرار نشان دادند. در آزمایشی (۳۵) مصرف ۲۰ و ۴۰ قسمت در میلیون عنصر روی از منبع اکسید روی و نانوروی در بزغاله‌های نر مرغوز pH کل اسیدهای چرب شکبه و جمعیت پروتوزوآها تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند، اما در بررسی دیگر (۲۸) pH و متابولیت‌های شکبه (نیتروژن آمونیاکی و اسیدهای چرب فرار) به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر مکمل روی قرار گرفتند. کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی شکبه با مکمل نانوروی و روی متیونین ممکن است به دلیل بهبود فعالیت میکروب‌های شکبه با استفاده از نیتروژن آمونیاکی برای تولید پروتئین میکروبی باشد (۳۷). علاوه‌براین، افزایش استات و کاهش بوتیرات با نانوروی و روی متیونین نشان‌دهنده بهبود بازده میکروبی در استفاده از انرژی است (۲۶).

پژوهشگران (۶) با افزودن سطوح ۱، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ قسمت در میلیون مکمل روی از نوع نانوروی به مایع شکبه با روش آزمایشگاهی (In vitro) مشاهده کردند که pH و نیتروژن آمونیاکی تحت تأثیر مکمل روی قرار نگرفتند. اما مقدار اسید استیک و نسبت استات به پریپونات در تیمارهای ۱۰، ۲۰ و ۴۰ افزایش یافت. همچنین افزایش پریپونات و کاهش بوتیرات در مایع

- 6-NRC. Nutrient requirements of small ruminants. National Academy press, Washington, DC. 2007; p:243.
- 7-Fesseha H, Degu T, Getachew Y. Nanotechnology and its application in animal production: A review. Vet Med Open J. 2020; 52:43–50.
- 8-Mishra A, Datt C, Dudi K, Singh D, Kaul G, Sharma R. Influence of nano zinc supplementation on digestibility and rumen fermentation parameters under in vitro conditions. Indian Dairy Sci. 2024;77(2):189-193.
- 9-Manuja A, Kumar B, Singh RK. Nanotechnology developments: opportunities for animal health and production. Nano Devel. 2012; 2:17-25.
- 10-Mandal GP, Dass RS, Isore DP, Garg AK, Ram GC. Effect of zinc supplementation from two sources on growth, nutrient utilization and immune response in male crossbred cattle (*Bos indicus*×*Bos taurus*) bulls. Anim Feed Sci and Technol. 2007; 138:1-12.
- 11-Alijani K, Rezaei J, Rouzbehan Y. Effect of nano-ZnO, compared to ZnO and Zn-methionine, on performance, nutrient status, rumen fermentation, blood enzymes, ferric reducing antioxidant power and immunoglobulin G in sheep. Anim Feed Sci Technol. 2020; 267:114532.
- 12-AOAC. Official Methods of Analysis. 15th edn. Association of official analytical chemists. Arlington. USA. 2000; Methods 992.16.
- 13-Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch
- 14-polysaccharide in relation to animal nutrition. J Dairy Sci, 1991; 74: 3583-3597.
- 15-Dehority B A. Evaluation of subsampling and fixation procedures used for counting rumen protozoa. J App Environ Microb. 1984; 48:182-185.
- 16-SAS. Institute. 2004 User's Guide. Version 9.1: Statistics. SAS Institute, Cary, NC.
- 17-Mousavi Esfiokhi SH, Norouzian MA, Najafi A. The Effect of different zinc sources on biochemical parameters, intestinal morphology, carcass characteristics and performance in finishing lambs. Biol Trace Elem Res. 2024; 202(1):175-181.
- 18-Dehghan S, Mousaie A, Esmaeilipour OA, Barazandeh A. The effect of zinc-methionine supplementation on performance, nutrients digestibility and blood metabolites of fattening lambs. Anim. Prod. 2018; 3(20)411-424 [In Persian].
- 19-Sobhanirad S, and Naserian AA. Effects of high dietary zinc concentration and zinc sources on hematology and biochemistry of blood serum in Holstein dairy cows. Anim Feed Sci Technol. 2012; 177:242-246.
- 20-Wang RL, Liang JG, Lu L, Zhang LY, Li SF, Luo XG. Effect of zinc source on performance, zinc status, immune response, and rumen fermentation of lactating cows. Biol Trace Elem Res. 2013; 152:16-24.
- 21-Sobhanirad S, Hosseinpour M, Bahari Kashani R. Effects of source and level of zinc on haematological and biochemical parameters in Baluchi lambs. Res Opini Anim Vet Sci. 2014; 4(7):389-393.
- 22-Alimohamady R, Aliarabi H. Effects of organic and inorganic sources of zinc on performance and some blood parameters of fattening lambs. Iranian J Anim Sci Res. 2019; 11(2) 151-163 [In Persian].
- 23-Malaki M, Norouzian MA, Khadem AA. The effect of different zinc sources on performance, blood mineral and cell count of Zandi lambs. Anim Prod. 2013; 2(15)109-115. [In Persian].
- 24-Mandal GP, Dass RS, Isore DP, Garg AK, Ram GC. Effect of zinc supplementation from two sources on growth, nutrient utilization and immune response in male crossbred cattle (*Bos indicus*×*Bos taurus*) bulls. Anim Feed Sci Technol. 2007; 138:1-12.
- 25-Nagalakshmi D, Dhanalakshmi K, Himabindu D. Effect of dose and source of supplemental zinc on immune response and oxidative enzymes in lambs. Vet Res Com.2009; 33(7):631-644.
- 26-Arelovich HM, Owens FN, Horn GW, Vizcarra JA. Effects of supplemental zinc and manganese on ruminal fermentation, forage intake, and digestion by cattle fed prairie hay and urea. J Anim Sc. 2000; 78:2972-2979.
- 27-Froetschel MA, Martin AC, Amos HE, Evans JJ. Effect of zinc sulfate concentration and feeding frequency on ruminal protozoa numbers, fermentation pattern and amino acid passage in steers. J Anim Sci. 1990; 66:1818-1823.

- 28-Wang RL, Liang JG, Lu L, Zhang LY, Li SF, Luo XG. Effect of zinc source on performance, zinc status, immune response, and rumen fermentation of lactating cows. *Biol Trace Elem Res*. 2013; 152:16-24.
- 29-Salama AK, Cajat G, Albanell E, Snch X, Casals R. Effects of dietary supplements of zinc methionine on milk production, udder health and zinc metabolism in dairy goats. *J Dairy Res*. 2003; 70:9-17.
- 30-Gaweł S, Wardas M, Niedworok E, Wardas P. Malondialdehyde (MDA) as a lipid peroxidation marker. *Wiadomosci lekarskie*. Warsaw, Poland. 2004; 57(9-10).
- 31-Sethy K, Behera K, Mishra SK, Gupta SK, Sahoo N, Parhi SS, Khadanga S. Effect of organic zinc supplementation on growth, metabolic profile and antioxidant status of Ganjam sheep. *Indian Anim Res*. 2018; 52(6):839-842.
- 32-Alimohamady R, Aliarabi H, Bruckmaier RM, Christensen RG. Effect of different sources of supplemental zinc on performance, nutrient digestibility, and antioxidant enzyme activities in lambs. *Biol Trace Elem Res*. 2019; 189:75-84.
- 33-Nishiyama S, Futagoishi-Suginohara Y, Matsukura M, Nakamura T, Higashi A, Shinohara M, and et al. Zinc supplementation alters thyroid hormone metabolism in disabled patients with zinc deficiency. *J Ameri College Nutr*. 1994; 13:62-67.
- 34-Fadayifar AH, Aliarabi MM., Tabatabaei P, Zamani AA, Bahari M, Malecki M, and et al.. Improvement in lamb performance on barley based diet supplemented with zinc. *Lives Sci*. 2012; 144:285-289.
- 35-Garg AK , Mudgal V, Dass RS. Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization and mineral profile in lambs. *Anim Feed Sci Technol*. 2008; 144:82-96.
- 36-Zaboli K, Aliarabi H, Bahari A, Abbasalipourkabir R. Role of dietary nano-zinc oxide on growth performance and blood levels of mineral: A study on Iranian Angora (Markhoz) goat kids. *J Pharml Heal Care Sci*. 2013; 2:19-26.
- 37-Atia, SE, El-Hais AE, Gabr SA, Yacout MH, Hassan AA, Khalel MS. Influence of supplemental sheep ration with zinc source (Inorganic Vs. Organic) on their digestibility and ruminal fermentation. *Egyp J Nutr Feeds*. 2018; 21(3):625-633.
- 38-Zaboli Kh, Aliarabi H. Effect of different levels of zinc oxide nano particles and zinc oxide on some ruminal parameters by in vitro and in vivo methods. *Anim Prod Res*. 2013; 2 (1)1-14[In Persian].
- 39-Eryavuz A, Durgan Z, Keskun E. Effects of ration supplemented with zinc on some rumen and blood parameters, mohair production and quality in faunated and defaunated Angora goats. *Turk J Vet and Anim Sci*. 2002; 26 :753-760.