Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Ruminant Research

Print ISSN: 2345 - 4261
Online ISSN: 2345 - 4253

The effect of different levels of zinc on performance and retention of some mineral elements in *Mehraban* male lambs

Khalil Zaboli[1*], Mahbod Mehradkia[2], Hasan Ali Arabi[3]

[1] (Corresponding author)Assistant Professor, Dept. of Animal Science, Agriculture Faculty, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, Email: zaboli@basu.ac.ir
[2] M.Sc. Graduated Dept. of Animal Science, Agriculture Faculty, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
[3] Professor, Dept. of Animal Science, Agriculture Faculty, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received:
Revised:
Accepted:

Keywords:
Blood minerals
Mehraban male lamb
Retention
Zinc

ABSTRACT

Background and objectives: Zinc (Zn) is one of the trace elements that affects in the growth, reproduction and improvement of the immune system of animals. Recently, Zn has been supplemented to the diet for increasing the performance of livestock. However, supplementation with excessively of Zn to the diet may, decrease performance, affect the absorption and retention of other mineral elements. The present study was conducted to investigate the effect of different levels of Zn in form of inorganic, on performance and concentration of some blood mineral elements and their retention in Mehraban male lambs.

Materials and methods: To conduct this experiment, 18 Mehraban male lambs with an average age of 3-4 months and an initial body weight of 33.62 ± 2.67 kg were assigned to 3 treatments with 6 replicates each, as a completely randomized design. Experimental treatments included 1) control group (basal diet, without supplementation of Zn), treatment 2) basal diet plus 40 mg Zn/kg DM in the form of zinc sulfate and treatment 3) basal diet plus 80 mg Zn/kg DM in the form of zinc sulfate. During the experimental period (60 days), feed intake and body weight gain were measured daily and every 15 days, respectively. The blood samples were taken from the lambs via the jugular vein, on the day 60 at before feeding morning. Then, 4 lambs from each treatment were randomly selected and transferred to the metabolic cages. Considering a 5 days for adaptation period, fecal and urine samples of the lambs were collected for 5 days for mineral balance trial. The chemical composition of diet compounds, feces, urine and blood minerals (zinc, calcium, phosphorus, iron, and copper) were determined using standard methods.

Results: The results showed that the supplementation of zinc in the diet had no effect on dry matter intake. However, its effect on daily weight gain and feed conversion ratio was significant ($P<0.05$). Accordingly, the daily weight gain in lambs in control group and treatments 2 and 3 was 241.07, 269.35 and 273.81 g/d, respectively. Also, zinc supplementation significantly increased the level of zinc in the blood of lambs ($P<0.05$), and its value increased from 0.86 mg/L (in the control group) to 1.24 and 1.13 mg/L in treatments 2 and 3, respectively. Retention of zinc in body was affected by zinc supplementation ($P<0.05$), and its value were 3.40, 6.14, and 5.82 mg/d in control group and treatments 2 and 3, respectively. However, the retention of other measured mineral elements was not affected by zinc supplementation. The correlation between zinc retention and other mineral elements was not significant.

Conclusion: Generally, the results showed that supplementation of 40 and 80 mg Zn/kg DM to the diet of lambs improved the performance (daily weight gain). Also, the concentration of zinc in the blood and its retention in the body were affected by the supplementation of zinc.

Cite this article: Zaboli, Kh., Mehradkia, M., Arabi, H.A. (2026). The effect of different levels of zinc on performance and retention of some mineral elements in Mehraban male lambs. *Journal of Ruminant Research*, 14(1),

© The Author(s)

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

پژوهش در نشخوارکنندگان
شاپا چاپی: ۴۲۶۱-۲۳۴۵
شاپا الکترونیکی: ۴۲۵۳-۲۳۴۵

اثر سطوح مختلف عنصر روی بر عملکرد و ابقاء برخی عناصر معدنی در بره‌های نر مهربان

خلیل زابلی[1*]، مهبد مهرادکیا[2]، حسن‌علی عربی[3]

[1] (نویسنده مسول) استادیار، تغذیه دام و استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران، رایانامه: zaboli@basu.ac.ir
[2] دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد تغذیه دام و استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
[3] استاد تغذیه دام و استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت:
تاریخ ویرایش:
تاریخ پذیرش:

واژه‌های کلیدی:
ابقاء، بره نر مهربان
عنصر روی
عناصر معدنی خون

چکیده

سابقه و هدف: عنصر روی (Zn) یکی از عناصر کم مصرف می‌باشد که در رشد، تولید مثل و بهبود سیستم ایمنی حیوانات تأثیرگذار است. در حال حاضر عنصر روی برای افزایش عملکرد، به جیره غذایی دام افزوده می‌شود. اما، افزودن بیش از حد آن به جیره، ممکن است علاوه بر کاهش عملکرد، بر جذب و ابقای سایر عناصر معدنی نیز تأثیر گذار باشد. پژوهش حاضر، با هدف بررسی اثر سطوح مختلف عنصر روی به فرم معدنی بر عملکرد و غلظت برخی از عناصر خون و ابقای آنها در بره‌های نر مهربان انجام شد.

مواد و روش‌ها: برای انجام این آزمایش، از تعداد ۱۸ رأس بره نر نژاد مهربان با سن ۵-٤ ماهه و میانگین وزن زنده ۲/۹۷ ± ۳۳/۵۵ کیلوگرم با ۳ تیمار و ٦ تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱) گروه شاهد (جیره پایه، بدون افزودن مکمل روی)، تیمار ۲) جیره پایه به‌علاوه مقدار ٤٠ میلی‌گرم عنصر روی به ازای هر کیلوگرم ماده خشک جیره به‌صورت سولفات روی، و تیمار ۳) جیره پایه به‌علاوه مقدار ۸۰ میلی‌گرم عنصر روی به ازای هر کیلوگرم ماده خشک جیره به‌صورت سولفات روی بود. در طول دوره آزمایش (٦٠ روز)، مقدار خوراک مصرفی به صورت روزانه و تغییرات وزن بره‌ها هر ۱۵ روز ثبت شد. در روز ٦٠ آزمایش، از همه بره‌ها قبل از خوراک‌دهی صبح، از طریق سیاهرگ وداج خون‌گیری شد. سپس، تعداد ٤ رأس بره به صورت تصادفی از هر تیمار انتخاب و به داخل قفس‌های متابولیکی منتقل شدند و با در نظر گرفتن ۵ روز دوره عادت‌پذیری، نمونه مدفوع و ادرار بره‌ها به‌مدت ۵ روز جمع‌آوری گردید. ترکیب شیمیایی اجزای جیره، عناصر معدنی موجود در مدفوع، ادرار و خون (عناصر روی، کلسیم، فسفر، آهن و مس) با استفاده از روش‌های استاندارد تعیین شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد استفاده از مکمل روی در جیره اثری بر مصرف ماده خشک نداشت. اما اثر آن بر افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). بر این اساس، بره‌ها در گروه شاهد و تیمارهای ۲ و ۳ به‌ترتیب ۲٤۱/۰۷، ۲٦۹/۳۵ و ۲۷۳/۸۱ گرم در روز افزایش وزن داشتند. همچنین، مصرف مکمل روی سبب افزایش معنی‌دار سطح روی در خون

بره‌ها شد (P< ۰/۰۵) و سطح روی خون بره‌ها از ۰/۸٦ میلی‌گرم بر لیتر (در گروه شـاهد) بـه ۱/۲٤ و ۱/۱۳ میلی‌گرم بر لیتر به‌ترتیب در تیمارهای ۲ و ۳ افزایش یافت. ابقای عنصر روی در بدن تحت تأثیر مصرف مکمل روی قرار گرفت (P<۰/۰۵) و مقدار آن از ۳/٤۰ میلـی‌گـرم در روز (در گروه شاهد) به ٦/۱٤ و ۵/۸۲ میلی‌گرم در روز در تیمارهای ۲ و ۳ افزایش یافت. امـا ابقاء سایر عناصر اندازه‌گیری شده، تحت تأثیر مصرف مکمل روی قرار نگرفت. همبستگی بین ابقاء عنصر روی با سایر عناصر معنی‌دار نبود.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی، نتایج نشان داد که افزودن مقادیر ٤۰ و ۸۰ میلی‌گرم عنصر روی به ازای هر کیلوگرم ماده خشک جیره سبب بهبود عملکرد (افزایش وزن روزانه) بره‌ها شد. همچیـنن، غلظت عنصر روی در خون و ابقا آن در بدن تحت تأثیر افزودن مکمل روی قرار گرفت.

استناد: زابلی، خلیل؛ مهرادکیا، مهبد؛ عربی؛ حسن‌علی. (۱٤۰۵). اثر سطوح مختلـف عنصـر روی بـر عملکـرد و ابقـاء برخـی عناصـر معدنی در بره‌های نر مهربان. *پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۱٤(۱)،

© نویسندگان
ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

امروزه در اکثر واحدهای دامپروری، به منظور افزایش عملکرد دام‌ها، از مکمل‌های معدنی، بخصوص عناصر کم‌مصرف در جیره غذایی آنها استفاده می‌شود. یکی از این عناصر کم مصرف، عنصر روی می‌باشد. این عنصر در رشد، تولید مثل و بهبود سیستم ایمنی حیوانات تأثیرگذار است و این اثرگذاری از طریق حمایت از ساختار و عملکرد آنزیم‌ها و فاکتورهای رونویسی متعددی در بدن صورت می‌گیرد (Suttle، ۲۰۱۰). از آنجائیکه بدن حیوانات قادر به ذخیره مقادیر زیاد این عنصر نیست، لذا مصرف روزانه آن از طریق جیره غذایی ضروری می‌باشد (Pal و همکاران، ۲۰۱۰). مهم‌ترین علایم کمبود روی در بدن شامل کاهش اشتها، اختلال در رشد و تضعیف سیستم ایمنی می‌باشد. در حال حاضر توصیه می‌شود که برای جلوگیری از کمبود بالینی این عنصر در بدن، در جیره گوسفندان، مقدار ۳۲-۳۰ میلی‌گرم عنصر روی به ازای هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی، وجود داشته باشد (NRC، ۲۰۰۷). با این حال، برای حمایت از رشد مطلوب و افزایش عملکرد، استفاده از مقادیر روی اضافی در جیره توصیه می‌شود (Spears و Kegley، ۲۰۰۲). در این راستا گزارشاتی مبنی بر بهبود عملکرد بره‌های در حال رشد با مکمل نمودن عنصر روی در جیره پایه وجود دارد. در یک پژوهش، مصرف ۳۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم از ماده خشک جیره در بره‌های در حال رشد ۵-٤ ماهه، باعث بهبود مصرف ماده خشک و افزایش وزن روزانه آنها شد (Alimohammady و همکاران، ۲۰۱۹). با این حال، افزودن عنصر روی به جیره، ممکن است بر جذب و ابقای سایر عناصر نیز تأثیر گذار باشد. گزارش شده است که برخی از کاتیون‌های دو ظرفیتی مانند مس و آهن از نظر ساختار شیمیایی شبیه عنصر روی هستند و از آنجائیکه این عناصر سیستم انتقال مشابهی در سطح غشای سلولی دارند، لذا در موقع جذب، با عنصر روی رقابت می‌کنند و بین جذب آنها ارتباط متقابل منفی ایجاد می‌شود (Spears و Kegley، ۲۰۰۲). بر این اساس، مصرف مکمل روی در جیره ممکن است هموستاز و ابقای این عناصر در بدن را تحت تأثیر قرار دهد. لذا، توصیه می‌شود که در موقع افزودن عنصر روی به جیره دام‌ها، به زیست‌فراهمی عناصر فوق نیز توجه شود (Deters و همکاران، ۲۰۲۱). گزارشات متعددی در خصوص اثر آنتاگونیستی عنصر روی با سایر عناصر گزارش شده است. در یک تحقیق گزارش شد که افزودن عنصر روی به جیره بره‌های در حال رشد، سبب کاهش جذب ظاهری و ابقای عنصر کلسیم در بدن شد (Garg و همکاران، ۲۰۰۸). افزودن عنصر روی به جیره گوساله‌ها نیز سبب کاهش ابقای عنصر مس در بدن شد (Khan، ۱۹۷۸). همچنین، گزارش شده است که یک تعامل بازدارنده بین عناصر روی و آهن وجود دارد که نتیجه آن، کاهش جذب آهن و ایجاد کم‌خونی در بدن می‌شود (Henry و Miles، ۲۰۰۰). با توجه به موارد فوق، پژوهش حاضر، با هدف بررسی اثر عنصر روی بر عملکرد و غلظت برخی از عناصر خون و ابقای آنها در بره‌های نر مهربان انجام شد.

مواد و روش‌ها

حیوانات و تیمارهای آزمایشی: برای انجام این آزمایش، از تعداد ۱۸ رأس بره نر نژاد مهربان با میانگین سن ۵-٤ ماه (میانگین وزن زنده ۲/۹۷±۳۳/۵۵ کیلوگرم) استفاده شد. قبل از شروع آزمایش، همه بره‌ها از نظر بهداشتی و ابتلاء به بیماری توسط دامپزشک مورد بررسی قرار گرفتند و در صورت تأئید سلامت آنها، وارد آزمایش شدند. سالن آزمایش به‌صورت سر پوشیده و مجهز به تعداد ۱۸

عـدد بـاکس انفـرادی بـه ابعـاد ۱/۵ × ۱ متـر بـا کـف سـیمانی بـود. ایـن بـاکس‌هـا قبـل از شـروع آزمـایش شستشو و شعله‌افکنی شدند. هر باکس دارای آخـور و آبخوری مجزا بود که امکـان دسترسـی بـه خـوراک و آب آشامیدنی تـازه را بـه‌راحتـی بـرای بـره‌هـا فـراهم می‌کرد. به منظور عادت‌دهی به محیط و جیره‌ها، همـه بره‌ها قبل از شروع آزمایش، به‌مـدت ۳ هفتـه از جیـره پایه که شامل علوفه خشک یونجه، دانه جـو و کنجالـه سویا بود و مطابق جداول استاندارد غذایی، نیاز بـره‌هـا را (به‌جز عنصـر روی) تـأمین مـی‌کـرد تغذیـه شـدند (NRC، ۲۰۰۷). سپس بره‌ها به‌مدت ۲ روز متوالی قبـل از خوراک‌دهـی صـبح بـا ۱۶ سـاعت گرسـنگی قبلـی وزن‌کشی شده و میـانگین وزن زنـده هـر یـک از آنهـا به‌عنوان وزن اولیه برای شروع آزمایش در نظـر گرفتـه شد. پس از آن، بره‌ها به‌صورت تصـادفی و بـر اسـاس وزن زنـده در گـروه شـاهد و دو تیمـار (بـا ۶ تکـرار) گروه‌بندی شده و به‌مدت ۶۰ روز مطـابق بـا تیمارهـای آزمایشی تغذیه شـدند. تیمارهـای آزمایشـی شـامل ۱) گروه شاهد (جیره پایـه، بـدون افـزودن مکمـل روی)، تیمار ۲) جیره پایه به‌علاوه مقدار ۴۰ میلی‌گـرم عنصـر روی به ازای هر کیلوگرم ماده خشـک جیـره، و تیمـار ۳) جیره پایه به‌علاوه مقدار ۸۰ میلی‌گـرم عنصـر روی به ازای هر کیلوگرم ماده خشک جیره بود. جیره‌هـا در دو نوبت صبح (سـاعت ۰۸:۰۰) و بعـدازظهر (سـاعت ۱۶:۰۰) در اختیار بـره‌هـا قـرار مـی‌گرفـت. بـه‌منظـور افزودن عنصر روی به جیـره از سـولفات روی (تولیـد شـــــــده توســـــــط شـــــــرکت SAMCHUNPURECHEMICAL CO کشـور کـره جنـوبی) اسـتفاده شـد. ترکیـب شـیمیایی جیـره‌هـای آزمایشی، در جدول ۱ ارایه گردیده است

نمونه‌برداری: در طول دوره آزمـایش، مقـدار خـوراک مصرفی به صورت روزانـه و تغییـرات وزن بـره‌هـا در روزهـــای ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ آزمـــایش و قبـــل از خوراک‌دهی صـبح (بـا اعمـال محرومیـت غـذایی، ۱۶ سـاعت گرسـنگی) ثبـت شـد. همچنـین، در روز ۶۰ آزمایش، از همه بره‌ها قبـل از خـوراک‌دهـی صـبح، از طریق سیاهرگ وداج خونگیری شد. سپس، نمونه‌هـای خون به‌مدت ۱۵ دقیقه با سـرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقـه سانتریفوژ شدند و سـرم جـدا سـازی شـده بـه داخـل میکروتیوب‌های ۱ میلی‌لیتـری منتقـل و در دمـای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهـداری شـدند. در پایـان آزمـایش (روز ۶۰)، تعداد ۴ رأس بره به صورت تصادفی از هـر تیمار انتخاب و به داخل قفـس‌هـای متـابولیکی منتقـل شدند و با در نظر گـرفتن ۵ روز دوره عـادت‌پـذیری، نمونه مدفوع و ادرار بره ها به‌مـدت ۵ روز جمـع‌آوری گردید. برای این منظور، بره‌ها روزانـه در دو نوبـت در ساعات ۰۸:۰۰ و ۱۶:۰۰ مطابق برنامه غذایی دوره قبـل تغذیه شدند و مقدار خوراک خورده شـده، بـاقی‌مانـده احتمالی خـوراک، مـدفوع و ادرار دفـع شـده طـی ۲۴ ساعت به‌طور روزانه ثبـت و از آنهـا جهـت آنالیزهـای بعدی نمونه‌برداری شد.

آنـالیز شـیمیایی : ترکیـب شـیمیایی اجـزای جیـره و مدفوع (ماده خشک، ماده آلـی، پـروتئین خـام، دیـواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز) با اسـتفاده از روش‌هـــای اســـتاندارد تعیـــین شـــد (Vansoest و همکاران، ۱۹۹۱؛ AOAC، ۲۰۱۲). برای تعیـین عناصـر معـدنی موجـود در خـوراک، مـدفوع و ادرار از روش هضـــم خشـــک اســـتفاده شـــد (Salama Ahmed و همکـاران، ۲۰۰۳). پـس از هضـم نمونـه هـا، غلظـت کلســیم و فســفر آنهــا بــا اســتفاده از دســتگاه اسـپکتروفتومتر (مـدل Variancary 100، اسـترالیا) و غلظـت عناصـر روی، مـس و آهـن نیـز بـا اسـتفاده از دستگاه جذب اتمـی (مـدل Varian SpectrAA 200، استرالیا) اندازه‌گیری شد. برای تعیین غلظـت کلسـیم و فسفر سرم خون از کیت آزمایشـگاهی شـرکت پـارس آزمون با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر (مدل کلاسـیک

آلفا، ایران) و برای تعیین غلظت عناصر روی، مس و آهن سرم خون نیز از دستگاه جذب اتمی (مدل واریان، استرالیا) استفاده شد (Rimbach و همکاران، ۱۹۹۸).

جدول ۱- اجزا و ترکیب شیمیایی جیره پایه

Table 1. Ingredients and chemical composition of the basal diet

جیره پایه* Basal diet	کنجاله سویا Soybean meal	دانه جو Barley grain	یونجه Alfalfa	ترکیبات شیمیایی Chemical components
92.77	90.62	93.14	92.12	ماده خشک Dry Matter (%)
93.01	91.10	93.65	93.28	ماده آلی Organic Matter (%)
12.05	39.37	9.62	15.31	پروتئین خام Crude Protein (%)
31.01	21.67	27.35	41.53	دیواره سلولی NDF (%)
47.15	26.38	58.92	35.48	کربوهیدرات های غیر فیبری NFC (%)
2.76	3.00	3.00	2.10	انرژی قابل متابولیسم[1] ME[1] (Mcal/kg)
				عناصر معدنی Mineral matters
26.10	62.03	26.07	22.93	روی Zn (Mg/kg DM)
0.52	0.31	0.08	1.76	کلسیم Ca (%)
0.29	0.66	0.29	0.26	فسفر P (%)
180.36	205.50	92.90	381.10	آهن Fe (Mg/kg DM)
9.16	18.80	8.20	10.65	مس Cu (Mg/kg DM)

* جیره پایه شامل یونجه خشک (۲۷ درصد)، دانه جو (۷۰ درصد) و کنجاله سویا (۳ درصد) بود.

۱ انرژی قابل متابولیسم با استفاده از جداول انجمن ملی تحقیقات (۲۰۰۷) محاسبه گردید.

The basal diet consisted of alfalfa hay (27%), barley grain (70%) and Soybean meal (3%)
[1]Metabolizable Energy was calculated based on NRC (2007).

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱) و رویه GLM انجام شد (SAS، ۱۹۹۱). مدل آماری به‌صورت $Y^{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ بود که در آن Y_{ij}: مقدار هر مشاهده، μ: اثر میانگین، T_i: اثر تیمار و e_{ij}: اثر خطای آزمایشی بود. برای آنالیز صفات افزایش وزن روزانه، ماده خشک مصرفی روزانه و ضریب تبدیل غذایی، وزن شروع آزمایش بره‌ها به‌عنوان کوواریت در نظر گرفته شد. اما با توجه به عدم معنی‌داری، در مدل استفاده نشد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح خطای ۵ درصد انجام شد. ضرایب همبستگی بین ابقاء عناصر در بدن

نیز با استفاده از نرم افـزار SAS (نسـخه ۹/۱) و رویـه CORR محاسبه و آزمون شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به عملکرد بره‌ها در جـدول شـماره ۲ آورده شده است. مطابق جدول فوق، استفاده از مکمـل روی در جیره اثری بر مصرف ماده خشک نداشت. امـا اثر آن بر افزایش وزن روزانه و ضـریب تبـدیل غـذایی معنـی‌دار بـود (P<۰/۰۵). بـر اسـاس توصـیه جـداول انجمن ملی تحقیقات (۲۰۰۷) نیاز روزانـه عنصـر روی بـرای بـره‌هـای ۵۰ – ۳۰ کیلـوگرم (بـا افـزایش وزن روزانـــه ۲۵۰ گـــرم در روز)، در محـــدوده ۴۹ – ۲۸ میلی‌گرم در روز می باشد. در آزمـایش حاضـر، سـطح عنصر روی در جیره پایه (مطابق جدول ۱)، در حـدود ۲۶/۱۰ میلی‌گـرم بـه ازای هـر کیلـوگرم مـاده خشـک مصرفی بود که با نظر گرفتن مصرف روزانـه ۱۴۶۴/۷۵ تا ۱۳۵۶/۷۷ گرم ماده خشک توسط هر یک از بـره‌هـا (جدول ۲)، نیاز روزانه بره‌ها به عنصـر روی از طریـق جیره پایه تأمین می‌شد و لذا جیره پایـه از نظـر عنصـر روی دارای کمبود نبود. بر این اساس، افـزودن عنصـر روی بـه جیـره پایـه، اثـری بـر مصـرف مـاده خشـک نداشت. اما با توجه به اثر مثبت عنصـر روی بـر بهبـود متابولیسم و فرآینـد رشـد بـدن، بـه‌نظـر مـی‌رسـد کـه مصـرف آن در سـطوح بـالاتر، باعـث بهبـود عملکـرد بره‌ها شده است. لازم به ذکر است کـه یکـی از علایـم اولیـه کمبـود عنصـر روی در جیـره، کـاهش اشـتها و به‌دنبال آن کاهش مصرف خـوراک مـی‌باشـد (Suttle، ۲۰۱۰). گزارش شده است که علت تـأثیر عنصـر روی بر اشتها، ممکن است از طریق اثر ایـن عنصـر بـر بیـان ژن‌های کنترل کننده اشـتها باشـد. زیـرا میـزان تولیـد و ترشح هورمون‌ها و آنزیم‌هایی که در کنترل اشتها نقش دارند، تحت تأثیر کمبـود عنصـر روی، تغییـر مـی‌کنـد (Kennedy و همکـــاران، ۱۹۹۸). همچنـــین، کمبـــود عنصر روی در بدن، سبب کاهش ترشح هورمون رشـد و فاکتور رشد شـبه انسـولین[1] نیـز مـی‌شـود. ایـن دو هورمـون در رشـد و افـزایش وزن بـدن تـأثیر زیـادی دارند (MacDonald، ۲۰۰۰).

مشابه نتایج پژوهش حاضر، گزارش شده است کـه افـزودن مقـدار ۴۰ میلـی‌گـرم عنصـر روی در روز، به‌صـورت سـولفات روی بـه جیـره پایـه (حـاوی ۲۲ میلی‌گرم عنصر روی به ازای هر کیلوگرم ماده خشک) بره‌هـای از شـیر گرفتـه شـده، اثـری بـر مـاده خشـک مصرفی آنها نداشـت (Vanvalin و همکـاران، ۲۰۱۸). همچنـین، افـزودن مقـدار ۳۵ میلـی‌گـرم بـه‌ازای هـر کیلوگرم ماده خشک جیره به جیـره پایـه (کـه حـاوی ۳۲/۵ میلی‌گرم عنصر روی بـه‌ازای هـر کیلـوگرم مـاده خشک جیره بود)، اثری بـر صـفات عملکـردی (مـاده خشک مصرفی، افزایش وزن روزانه و ضـریب تبـدیل غذایی) گوساله‌های نر نداشـت (Mandal و همکـاران، ۲۰۰۷). در یـک تحقیـق مشـابه نیـز گـزارش شـد کـه مصرف مقدار ۸۰ میلـی‌گـرم عنصـر روی بـه ازای هـر کیلوگرم ماده خشک جیـره از منـابع مختلـف روی در جیره پایه (حاوی ۲۹/۶ میلی‌گـرم عنصـر روی بـه‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک) بره‌های نر اثری بر هیچکـدام از صـفات عملکـردی آنهـا نداشـت (Grešáková و همکاران، ۲۰۲۱).

نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف عنصـر روی بـر غلظت عناصر خون بره‌هـا در جـدول شـماره ۳ آورده شده است. مطابق جدول فوق، اسـتفاده از مکمـل روی در جیره، سبب افزایش معنی‌دار سـطح عنصـر روی در خـون بـره‌هـا شـد (P< ۰/۰۵). امـا در بـین تیمارهـای دریافـت کننـده مکمـل روی، اخـتلاف معنـی‌داری مشاهده نشد. مشابه نتایج پـژوهش حاضـر، اسـتفاده از مقدار ۳۰ میلی‌گرم به ازای هـر کیلـوگرم مـاده خشـک جیـره از طریـق منـابع مختلـف روی سـبب افـزایش

1. IGF_1

غلظت روی در خون بره‌های در حال رشد شد (Alimohamady و همکاران، ۲۰۱۹). نتایج مشابهی نیز توسط سایر محققین گزارش شد (Soufi و همکاران، ۲۰۲۲). غلظت عنصر روی در خون گوسفندان در دامنه ۱/۲ تا ۰/۸ میلی‌گرم بر لیتر قرار دارد (Suttle، ۲۰۱۰) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. لازم به ذکر است که غلظت روی در خون، یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها برای بررسی وضعیت عنصر روی در بدن می‌باشد. زیرا با افزایش مصرف روی از طریق جیره غذایی، مقدار آن در خون افزایش می‌یابد.

جدول ۲- اثر سطوح مختلف عنصر روی بر عملکرد بره ها

Table 2. Effect of different levels of zinc on performance of lambs

p-value	SEM	تیمار ۳ Treatment 3	تیمار ۲ Treatment 2	شاهد Control	فراسنجه ها Parameters
0.98	1.334	33.50	33.66	33.70	وزن اولیه (کیلوگرم) Initial body weight (kg)
0.19	35.046	1394.63	1464.75	1356.77	ماده خشک مصرفی (گرم بر روز) Dry matter intake (g/day)
< 0.01	11.925	273.81 [a]	269.35 [a]	241.07 [b]	افزایش وزن روزانه (گرم بر روز) Average daily gain (gr)
0.04	0.263	5.11 [b]	5.40 [b]	5.64 [a]	ضریب غذایی تبدیل Feed conversion ratio

تیمارهای آزمایشی شامل: گروه شاهد (جیره پایه حاوی ۲۶/۱۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره)، تیمار ۲ (جیره پایه + ٤٠ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره از طریق سولفات روی و تیمار ۳ (جیره پایه + ۸۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره از طریق سولفات روی)

حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف آماری معنی دار (P<۰/۰۵) می باشد.

Treatments included: Control group (basal diet with 26.10 mg Zn/kg DM), Treatment 2 (basal diet + 40 mg Zn/kg DM as a zinc sulphate), and treatment 3 (basal diet + 80 mg Zn/kg DM as a zinc sulphate).
Means with different superscript letters in rows are significantly different (P<0.05).
SEM: Standard error of the mean

مطابق جدول ۳، غلظت عناصر کلسیم و فسفر خون بره‌ها در گروه شاهد و تیمارهای ۲ و ۳ یکسان بود و تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد. لازم به ذکر است که غلظت کلسیم سرم خون نشخوارکنندگان در دامنه ۱۲ تا ۹ میلی‌گرم بر دسی لیتر و غلظت فسفر در محدوده ٦/۱ تا ۹/۲ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر قرار دارد (Suttle، ۲۰۱۰). همسو با نتایج پژوهش حاضر، گزارش شد که استفاده از مقدار ۳۰ میلی‌گرم عنصر روی به ازای هر کیلوگرم ماده خشک جیره از طریق منابع مختلف روی اثری بر مقدار کلسیم و فسفر خون بره‌های در حال رشد نداشت (Alimohamady و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین، استفاده از مقدار ۲۰ میلی‌گرم عنصر روی به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک جیره در بره‌های در حال رشد، اثری بر مقدار کلسیم و فسفر خون آنها نداشت (Soufi و همکاران، ۲۰۲۲).

اما بر خلاف نتایج پژوهش حاضر، استفاده از مقدار ٢٤ میلی‌گرم اکسید روی به ازای هر کیلوگرم از وزن زنده به‌صورت روزانه در جیره، سبب کاهش سطح کلسیم و فسفر خون در بزها شد که علت آن به‌دلیل مصرف زیاد عنصر روی بیان شده است (Phiri و همکاران، ۲۰۰۹). لازم به ذکر است که عنصر روی یک

فلز دو ظرفیتی است و غلظت بیش از حد آن در جیره ممکن است با جذب سایر فلزات دو ظرفیتی مثل کلسیم، آهن و مس رقابت و تداخل ایجاد کند. لذا مقدار این عناصر در خون تغییر یابد (Suttle، ۲۰۱۰). در مطالعه حاضر، به نظر می‌رسد که سطح عنصر روی در تیمارهای مکمل شده به حدی نبوده است که بتواند بر این امر اثرگذار باشد.

در مطالعه حاضر، هیچ اثری از مصرف مکمل روی بر غلظت مس خون بره‌ها مشاهده نشد که با نتایج سایر محققین مطابقت دارد. در یک تحقیق گزارش شد که اضافه کردن مقدار ۲۰ میلی‌گرم عنصر روی به ازای هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی در جیره بزغاله‌های مرغوز اثری بر غلظت مس خون آنها نداشت (Zaboli و همکاران، ۲۰۱۳). اما مصرف مقدار ۲۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم عنصر روی به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک جیره سبب کاهش معنی‌دار غلظت مس خون گوساله‌های نر گاو میش شد که ممکن است به‌دلیل مصرف سطح بالای عنصر روی در جیره بوده باشد (Attia و همکاران، ۱۹۸۷). به‌نظر می‌رسد که علی‌رغم وجود رابطه آنتاگونیستی عناصر روی و مس، در پژوهش حاضر، افزودن عنصر روی به جیره اختلالی در جذب مس ایجاد نکرده باشد. زیرا اثر عنصر روی بر جذب سایر عناصر معدنی در نشخوارکنندگان وقتی تأثیرگذار است که سطح آن در جیره، چندین برابر سطح توصیه شده باشد (Suttle، ۲۰۱۰).

در مطالعه حاضر، مصرف مکمل روی اثر معنی‌داری بر غلظت آهن خون بره‌ها نداشت که در راستای نتایج سایر محققین بود. مشابه نتایج پژوهش حاضر، گزارش شده است که استفاده از مقدار ۳۵ میلی‌گرم عنصر روی به ازای هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی اثری بر مقدار آهن خون گاوهای پرواری نداشت (Mandal و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین استفاده از مقدار ۸۰ میلی‌گرم عنصر روی به ازای هر کیلوگرم ماده خشک جیره از طریق مصرف منابع مختلف روی، اثر معنی‌داری بر غلظت آهن خون بره‌های نر نداشت (Grešáková و همکاران، ۲۰۲۱).

جدول ۳- اثر سطوح مختلف عنصر روی بر مقدار عناصر خون بره‌ها

Table 3. Effect of different levels of zinc on concentration of minerals in blood of lambs

p-value	SEM	تیمار ۳ Treatment 3	تیمار ۲ Treatment 2	شاهد Control	فراسنجه ها Parameters
< 0.01	0.057	1.13 [a]	1.24 [a]	0.86 [b]	عنصر روی Zinc (mg/l)
0.30	0.580	13.20	12.16	12.55	عنصر کلسیم Calcium (mg/dl)
0.73	0.244	5.54	5.63	5.80	عنصر فسفر (mg/dl)phosphorus
0.72	0.056	0.69	0.67	0.74	عنصر مس Cupper (mg/l)
0.75	0.090	1.78	1.88	1.85	عنصر آهن Iron (mg/l)

تیمارهای آزمایشی شامل: گروه شاهد (جیره پایه حاوی ۲۶/۱۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره)، تیمار ۲ (جیره پایه + ۴۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره از طریق سولفات روی و تیمار ۳ (جیره پایه + ۸۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره از طریق سولفات روی)

حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف آماری معنی دار (P<۰/۰۵) می باشد.

Treatments included: Control group (basal diet with 26.10 mg Zn/kg DM), Treatment 2 (basal diet + 40 mg Zn/kg DM as a zinc sulphate), and treatment 3 (basal diet + 80 mg Zn/kg DM as a zinc sulphate).
Means with different superscript letters in rows are significantly different (P<0.05).

نتایج مربوط به اثر استفاده از سطوح مختلف عنصر روی بر متابولیسم عنصر روی در جدول شماره ٤ آورده شده است. مطابق جدول فوق، هر چند که افزایش مصرف روی در جیره سبب شد که مقادیر روی دفع شده از طریق مدفوع و ادرار به طور معنی‌داری افزایش یابد (P<۰/۰۵). اما علی‌رغم این موضوع، ابقای روی در بدن افزایش معنی‌داری نشان داد که با نتایج سایر محققین مطابقت دارد. به‌طور مشابه، استفاده از مقدار ٤٠ میلی‌گرم عنصر روی به ازای هر کیلوگرم ماده خشک جیره، از طریق سولفات روی، در بره‌های ٥-٤ ماهه، سبب شد که ابقای عنصر روی از ۳/۲۹ به ٦/٠٥ میلی‌گرم در روز افزایش یابد (Aliarabi و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین، افزودن مقدار ۱۵ میلی‌گرم عنصر روی به ازای هر کیلوگرم ماده خشک جیره، از طریق منابع مختلف روی در بره‌های از شیرگرفته شده، سبب افزایش ابقای آن در بدن شد (Deters و همکاران، ۲۰۲۱). نتایج مشابهی هم در بزهای کشمیر یکساله (Jia و همکاران، ۲۰۰۸) و گوساله‌های شیرخوار (Prakash Pal و همکاران، ۲۰۲۱) گزارش شد.

جدول ٤- اثر سطوح مختلف عنصر روی (میلی‌گرم در هر کیلوگرم) بر بالانس روی (میلی گرم در روز) در بره‌ها

Table 4. Effect of different levels of zinc (mg/kg DM) on zinc balance in lambs (g/day)

p-value	SEM	تیمار ۳	تیمار ۲	شاهد	فراسنجه ها
		Treatment 3	Treatment 2	Control	Parameters
< 0.01	2.879	92.72 [a]	56.18 [b]	21.74 [c]	عنصر روی خورده شده Zn intake
< 0.01	2.811	84.31 [a]	48.28 [b]	17.34 [c]	عنصر روی دفع شده از طریق مدفوع Zn fecal excretion
< 0.01	0.058	2.60 [a]	1.76 [b]	1.00 [c]	عنصر روی دفع شده از طریق ادرار Zn urinary excretion
< 0.01	2.163	5.82 [a]	6.14 [a]	3.40 [b]	عنصر روی ابقاء شده در بدن Zn retention

تیمارهای آزمایشی شامل: گروه شاهد (جیره پایه حاوی ۲٦/۱۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره)، تیمار ۲ (جیره پایه + ٤٠ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره از طریق سولفات روی و تیمار ۳ (جیره پایه + ۸۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره از طریق سولفات روی)

حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف آماری معنی دار (P<۰/۰۵) می باشد.

Treatments included: Control group (basal diet with 26.10 mg Zn/kg DM), Treatment 2 (basal diet + 40 mg Zn/kg DM as a zinc sulphate), and treatment 3 (basal diet + 80 mg Zn/kg DM as a zinc sulphate).
Means with different superscript letters in rows are significantly different (P<0.05).

نتایج مربوط به اثر استفاده از سطوح مختلف عنصر روی بر متابولیسم عناصر کلسیم و فسفر در جدول شماره ٥ آورده شده است. مطابق جدول فوق، استفاده از سطوح مختلف عنصر روی در جیره، اثری بر مقدار کلسیم و فسفر دفع شده از طریق مدفوع و ادرار و همچنین ابقاء این عناصر نداشت. مشابه نتایج ما، در یک مطالعه افزایش مصرف عنصر روی از ۲۱۲ به ۲۷۲ میلی‌گرم در روز در گوساله‌های بوفالو، اثری بر متابولیسم عناصر کلسیم و فسفر نداشت (Paul و Mahapatra، ۲۰۰۱). نتایج مشابهی هم در موقع مصرف مقادیر ۳۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم عنصر روی به ازای هر کیلوگرم ماده خشک جیره، در گوساله‌ها به‌دست آمد (Khan، ۱۹۷۸). اما بر خلاف نتایج ما، در تحقیق دیگری گزارش شد که استفاده از منابع مختلف عنصر روی، سبب کاهش ابقای کلسیم در بره‌های نر ٥-٤ ماهه شد (Garg و همکاران، ۲۰۰۸). نتایج

مشابهی هم در گوساله‌ها گـزارش شـد (Bedi، ۱۹۷۶). ایشان گزارش کردند که وقتی سطح عنصر روی جیـره در گوساله‌ها از ۲۰/۷ به ۱۲۰ میلی‌گرم عنصـر روی بـه ازای هر کیلوگرم ماده خشـک جیـره، افـزایش یافـت، سبب شد که ابقای عنصر کلسیم کاهش یابد کـه دلیـل آن احتمالاً سطح بـالای عنصـر روی اسـتفاده شـده در جیره بود.

جدول ۵- اثر سطوح مختلف عنصر روی (میلی‌گرم در هر کیلوگرم) بر بالانس کلسیم و فسفر (میلی‌گرم در روز) در بره‌ها

Table 5. Effect of different levels of zinc (mg/kg DM) on Calcium and Phosphorus balance in lambs (g/day)

p-value	SEM	تیمار ۳	تیمار ۲	شاهد	فراسنجه ها
		Treatment 3	Treatment 2	Control	Parameters
0.95	2.372	42.66	44.27	43.70	عنصر کلسیم خورده شده Ca intake
0.93	2.425	37.95	39.15	38.80	عنصر کلسیم دفع شده از طریق مدفوع Ca fecal excretion
0.21	0.002	0.75	0.80	0.92	عنصر کلسیم دفع شده از طریق ادرار Ca urinary excretion
0.33	0.812	3.95	4.31	3.98	عنصر کلسیم ابقاء شده در بدن Ca retention
0.95	0.132	2.52	2.47	2.42	عنصر فسفر خورده شده P intake
0.91	0.120	1.99	1.83	1.78	عنصر فسفر دفع شده از طریق مدفوع P fecal excretion
0.22	0.004	0.11	0.12	0.14	عنصر فسفر دفع شده از طریق ادرار P urinary excretion
0.63	0.017	0.44	0.52	0.50	عنصر فسفر ابقاء شده در بدن P retention

تیمارهای آزمایشی شامل: گروه شاهد (جیره پایه حاوی ۲۶/۱۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره)، تیمار ۲ (جیره پایه + ۴۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره از طریق سولفات روی و تیمار ۳ (جیره پایه + ۸۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره از طریق سولفات روی)

حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف آماری معنی دار (P<۰/۰۵) می باشد.

Treatments included: Control group (basal diet with 26.10 mg Zn/kg DM), Treatment 2 (basal diet + 40 mg Zn/kg DM as a zinc sulphate), and treatment 3 (basal diet + 80 mg Zn/kg DM as a zinc sulphate).
Means with different superscript letters in rows are significantly different (P<0.05).

نتـایج مربـوط بـه اثـر اسـتفاده از سـطوح مختلـف عنصر روی بر متابولیسم عناصر مس و آهن در جـدول شماره ٦ آورده شده است. مطابق جدول فوق، اسـتفاده از سطوح مختلف عنصر روی در جیره، اثری بر مقـدار مـس و آهـن دفـع شـده از طریـق مـدفوع و ادرار و همچنین ابقاء این عناصر نداشت که در توافق بـا نتـایج سایر محققین (Bedi، ۱۹۷٦) بـود. ایشـان سـطوح ۲۰، ٤٠، ٦٠، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم عنصـر روی بـه ازای هـر کیلوگرم ماده خشک جیره را گوساله‌ها استفاده کردنـد و مشاهده کردند که اسـتفاده از مکمـل روی اثـری بـر متابولیسم عناصر مس و آهن نداشت. بـه طـور مشـابه، در تحقیق دیگری، مقدار ۳۵ میلی‌گرم عنصـر روی بـه ازای هر کیلوگرم مـاده خشـک جیـره از طریـق منـابع مختلف روی در جیره گوساله‌های نر بکار بـرده شـد و

مشاهده شد که متابولیسم و ابقای عناصر مس و آهن تحت تأثیر مکمل روی قرار نگرفت (Mandal و همکاران، ۲۰۰۷). اما بر خلاف نتایج ما، استفاده از مکمل روی در جیره گوساله‌ها سبب کاهش ابقای عنصر مس شد (Khan، ۱۹۷۸). ایشان بیان کردند که علت این وضعیت، ممکن است به دلیل سطح بالای عنصر روی مصرف شده و سطح پایین عنصر مس در جیره پایه بوده باشد. گزارش شده است که سطح بالای عنصر روی اثر آنتاگونیست بر متابولیسم مس دارد. به‌ویژه زمانی که سطح عنصر مس در جیره کم و یا دارای کمبود باشد (Towers و همکاران، ۱۹۸۱).

جدول ٦- اثر سطوح مختلف عنصر روی (میلی‌گرم در هر کیلوگرم) بر بالانس مس و آهن (میلی‌گرم در روز) در بره‌ها

Table 6 - Effect of different levels of zinc (mg/kg DM) on Copper and Iron balance in lambs (g/day)

p-value	SEM	تیمار ۳	تیمار ۲	شاهد	فراسنجه ها
		Treatment 3	Treatment 2	Control	Parameters
0.95	0.411	7.87	7.66	7.52	عنصر مس خورده شده Cu intake
0.97	0.324	5.88	5.22	5.10	عنصر مس دفع شده از طریق مدفوع Cu fecal excretion
0.30	0.112	0.38	0.40	0.48	عنصر مس دفع شده از طریق ادرار Cu urinary excretion
0.74	0.093	1.62	2.04	1.95	عنصر مس ابقاء شده در بدن Cu retention
0.82	7.756	157.46	153.23	150.53	عنصر آهن خورده شده Fe intake
0.82	4.818	85.19	75.69	73.95	عنصر آهن دفع شده از طریق مدفوع Fe fecal excretion
0.24	0.588	18.81	22.02	23.88	عنصر آهن دفع شده از طریق ادرار Fe urinary excretion
0.77	3.063	53.46	57.52	52.69	عنصر آهن ابقاء شده در بدن Fe retention

تیمارهای آزمایشی شامل: گروه شاهد (جیره پایه حاوی ۲۶/۱۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره)، تیمار ۲ (جیره پایه + ٤٠ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره از طریق سولفات روی و تیمار ۳ (جیره پایه + ۸۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره از طریق سولفات روی)

حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف آماری معنی دار (P<۰/۰۵) می باشد.

Treatments included: Control group (basal diet with 26.10 mg Zn/kg DM), Treatment 2 (basal diet + 40 mg Zn/kg DM as a zinc sulphate), and treatment 3 (basal diet + 80 mg Zn/kg DM as a zinc sulphate).
Means with different superscript letters in rows are significantly different (P<0.05).

نتایج مربوط به ضرایب همبستگی بین ابقاء عناصر در بدن در اثر مصرف عنصر روی در جیره در جدول شماره ۷ ارایه شده است. مطابق جدول فوق، فقط همبستگی بین ابقاء عناصر آهن با فسفر، مس با فسفر و مس با آهن معنی‌دار و مثبت بود (P<۰/۰۵) و بین ابقای سایر عناصر، همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد. لازم به ذکر است که هیچ تحقیق مشابهی در این زمینه در دسترس نویسندگان قرار نگرفت.

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین ابقاء عناصر در بدن بره ها

Table 7. Correlation coefficients between element retention in lambs

عناصر خون	روی (Zinc)	کلسیم (Calcium)	فسفر (Phosphorus)	آهن (Iron)	مس (Copper)
روی (Zinc)	1				
کلسیم (Calcium)	0.381 ^{ns}	1			
فسفر (Phosphorus)	0.493 ^{ns}	-0.044 ^{ns}	1		
آهن (Iron)	0.342 ^{ns}	-0.145 ^{ns}	0.806**	1	
مس (Copper)	0.498 ^{ns}	0.032 ^{ns}	0.885***	0.951***	1

^{ns} : not significant, *** : significant ($p<0.001$) and ** : significant ($p<0.01$)

در رابطه با همبستگی مثبت بین آهن با فسفر، گزارش شده است که افزایش دریافت آهن از طریق آلودگی مواد خوراکی به خاک، در ترکیب با سطوح پایین فسفر جیره، سبب کاهش عملکرد نشخوارکنندگان شده است و لذا اثرات نامطلوب سطح بالای آهن جیره را می‌توان با افزایش سطح فسفر جیره تا حدودی برطرف کرد. به‌عبارت دیگر، مصرف فسفر بیش از حد نیاز توصیه شده، از اثرات منفی آهن اضافی بر عملکرد جلوگیری می‌کند (Henry و Miles، ۲۰۰۰).

عناصر مس و فسفر نیز مانند سایر عناصر، نقش حیاتی در عملکرد بدن دارند و تعاملات بین آنها پیچیده می‌باشد. این دو عنصر می‌توانند بر زیست فراهمی یکدیگر تأثیر بگذارند. به‌طور کلی، عناصر مس و فسفر در مسیرهای متابولیکی مختلف از جمله متابولیسم انرژی و رشد استخوان‌ها با هم تعامل دارند. عنصر مس در ساخت سلول‌های استخوانی نقش دارند. همچنین، سلول‌ها از عنصر مس برای تولید ATP استفاده می‌کنند و همه اینها وابسته به وجود عنصر فسفر می‌باشد. از طرف دیگر، همانطور که قبلاً اشاره شد، عناصر مس و آهن دارای خصوصیات فیزیولوژیکی مشابهی هستند و اثرات متقابل فیزیولوژیکی بین این دو عنصر محتمل به‌نظر می‌رسد (Caglar و همکاران، ۲۰۱۸). بر این اساس، با توجه به همبستگی مثبت بین عناصر آهن با فسفر، همبستگی مثبت بین مس با فسفر نیز دور از انتظار نیست.

لازم به‌ذکر است که در میان عناصر معدنی، آهن و مس به‌دلیل خاصیت اکسید کنندگی قوی، منحصر به فرد هستند و اینها می‌توانند در صورت وجود مقدار زیاد، تشکیل رادیکال‌های آزاد (اکسیژن آسیب رسان) را تقویت کنند. لذا هموستاز آنها به شدت در سطح سلول و اندام‌های بدن، کنترل می‌شود. با این حال، کمبود اینها نیز ممکن است با اختلالات فیزیولوژیکی مانند کاهش رشد، کم‌خونی و ضعیف شدن استخوان‌ها همراه باشد (Caglar و همکاران، ۲۰۱۸).

همچنین، عنصر مس یک اثر هم‌افزایی بر عنصر آهن دارد. به این صورت که وجود عنصر مس برای جذب آهن از روده ضروری است و وقتی سطح عنصر مس در جیره کم باشد، بدن ممکن است آهن کمتری نیز جذب کند. به‌عبارت دیگر، در مواقع کمبود آهن، انتقال مس به داخل سلول‌های انتروسیت روده افزایش می‌یابد تا امکان جذب آهن افزایش یابد (Caglar و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین، آنزیم سرلوپلاسمین که حاوی عنصر مس می‌باشد، سبب اکسید شدن آهن دو ظرفیتی به آهن سه ظرفیتی می‌شود. این وضعیت باعث باند شدن آهن با ترانسفرین شده و انتقال آهن را در پلاسما فراهم می‌کند (Henry و Miles، ۲۰۰۰).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن مقادیر ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم عنصر روی به ازای هر کیلوگرم ماده خشک جیره سبب بهبود عملکرد (افزایش وزن روزانه) بره‌ها شد. همچنین، غلظت عنصر روی در خون و ابقا آن در بدن تحت تأثیر افزودن مکمل روی در جیره قرار گرفت.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله نویسندگان مقاله از دانشگاه بوعلی سینا، به جهت تأمین منابع مالی این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را دارد.

منابع

Aliarabi, H., Fadayifar, A., Tabatabaei, M. M., Zamani, P., Bahari, A. A., Farahavar, A., & Dezfoulian, A. H. (2015). Effect of Zinc Source on Hematological, Metabolic Parameters and Mineral Balance in Lambs. *Biological Trace Element Research*, 168(1), 82-90. http://dx.doi.org/10.1007/s12011-015-0345-0

Alimohamady, R., Aliarabi, H., Bruckmaier, R. M., & Christensen, R. G. (2019). Effect of different sources of supplemental zinc on performance, nutrient digestibility, and antioxidant enzyme activities in lambs. *Biological Trace Element Research*, 189(1), 75-84. https://doi.org/10.1007/s12011-018-1448-1

AOAC. (2012). Official Method of Analysis. AOAC International, Gaithersburg, MD.

Attia, A. N., Awadalla, S. A., Esmail, E. Y., & Hady, M. M. (1987). Role of some microelements in nutrition of water buffalo and its relation to production. 2. Effect of zinc supplementation. *Assiut Veterinary Medical Journal*, 18 (35), 81-90. doi: 10.21608/AVMJ.1987.189477

Bedi, S. P. S. (1976). Biochemical studies on the effect of dietary zinc along with urea in cattle nutrition. PhD Thesis. Agra University, Agra, India.

Caglar, D., Jung-Heun, H., & James, F. C. (2018). Intersection of Iron and Copper Metabolism in the Mammalian Intestine and Liver. *Comprehensive Physiology*, 8 (4), 1433–1461. doi: 10.1002/cphy.c170045

Deters, E. L., Van-Der-Wal, A. J., Van-Valin, K. R., Beenken, A. M., Heiderscheit, K. J., Hochmuth, K. G., Jackson, T. D., Messersmith, E. M., McGill, J. L., & Hansen, S. L. (2021). Effect of bis-glycinate bound zinc or zinc sulfate on zinc metabolism in growing lambs. *Journal of Animal Science*, 99(9), 1–9. https://doi.org/10.1093/jas/skab252

Garg, A. K., Mudgal, V., & Dass, R. S. (2008). Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization and mineral profile in lambs. Animal Feed Science and Technology, 144(1), 82-96. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.10.003

Grešáková, Ľ., Tokarčíková, K., & Čobanová, K. (2021). Bioavailability of dietary zinc sources and their effect on mineral and antioxidant status in lambs. *Agriculture*, 11(11), 1093. https://doi.org/10.3390/agriculture11111093

Henry, P. R., & Miles, R. D. (2000). Interactions among the trace minerals. Ciência Animal Brasileira/Brazilian Animal Science, 1(2), 95-106.

Jia ,W., Jia, Z., Zhang, W., Wang, R., Zhang, S., & Zhu, X. (2008). Effects of dietary zinc on performance, nutrient digestibility and plasma zinc status in Cashmere goats. *Small Ruminant Research*, 80(1), 68-72. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.09.009

Kennedy, K. J., Rains, T. M. and Shay, N. F. (1998). Zinc deficiency changes preferred macronutrient intake in subpopulations of Sprague-Dawley outbred rats and reduces hepatic pyruvate kinase gene expression. Journal of Nutrition, 128: 43–49.

Khan S.A., (1978). Interaction of copper and zinc and its influence on the metabolism of major nutrients in growing calves. PhD Thesis. Aligarh Muslim University, Aligarh.

MacDonald, R. S. (2000). The role of zinc in growth and cell proliferation. The Journal of Nutrition, 130: 1500-1508.

Mandal, G. P., Dass, R. S., Isore, D. P., Garg, A. K., & Ram, G. C. (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 Thchnology*, 38, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.09.014

National Research Council. (2007). Nutrient requirements of small ruminants. National Academy press, Washington, DC.

Pal, D. T., Gowda, N. K. S., Prasad, C. S., Amarnath, R., Bharadwaj, U., SureshBabu, G. and Sampath, K. T. (2010). Effect of copper- and zinc-methionine supplementation on bioavailability, mineral status and tissue concentrations of copper and zinc in ewes. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 24: 89–94.

Paul, S.S., Mahapatra, S., (2001). Mineral utilization and water metabolism in buffalo calves fed on roughage based diets. *Indian Journal of Animal Nutrition*. 18, 126–132.

Phiri, E. C. J. H., Viva, M. M., Chibunda, R. T., & Mellau, L. S. B. (2009). Effect of zinc supplementation on plasma mineral concentration in grazing goats in sub-humid climate of Tanzania. *Tanzania Veterinary Journal*, 26(2), 92-96. doi: 10.4314/tvj.v26i2.53807

Prakash Pal, P., Manl, V., Hassan Mir, S., Sharma, A., & Sarka, R. S. (2021). Comparative effect of zinc supplementation by hydroxy and inorganic sources on nutrient utilization, mineral balance, growth performance and growth biomarkers in pre-ruminant calves. *Archives of Animal Nutrition*, 75(6), 435-449. http://dx.doi.org/10.1080/1745039X.2021.2007692

Rimbach, G., Walter, A., Most, E., & Pallauf, J. (1998). Effect of microbial phytase on zinc bioavailability and cadmium and lead accumulation in growing rats. *Food and Chemical Toxicology*, 36, 7-12. https://doi.org/10.1016/S0278-6915(97)00117-8

Salama Ahmed, A. K., Cajat, G., Albanell, E., Snch, X., & Casals, R. (2003). Effects of dietary supplements of zinc methionine on milk production, udder health and zinc metabolism in dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 70, 9-17. doi: 10.1017/s0022029902005708

SAS. (1999). Statistical Analysis System, Statistical Methods. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Soufi, B., Alijoo, Y. A., Khamisabadi, H., & Khoobbakht, Z. (2022). The effect of inorganic, organic and nano-zinc sources on growth performance, blood parameters and antioxidant activity of Sanjabi lambs. *Journal of Ruminant Research*, 9(4), 19-32 (in Persian). doi: 10.22069/EJRR.2021.18983.1786

Spears, J. W., & Kegley, E. B. (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. https://doi.org/10.2527/2002.80102747x

Suttle, N. F. (2010). Mineral nutrition of livestock. 4th ed. CABI Publishing, New York.

Towers, N. R., Young, P. W., & Wright, D. E. (1981). Effect of zinc supplementation on bovine plasma copper. *New Zealand Veterinary Journal*, 29(7), 113-114. doi: https://doi.org/10.1080/00480169.1981.34816

Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

VanValin, K. R., Genther-Schroeder, O. N., Carmichael, R. N., Blank, C. P., Deters, E. L., Hartman, S. J., & Hansen, S. L. (2018). Influence of dietary zinc concentration and supplemental zinc source on nutrient digestibility, zinc absorption, and retention in sheep. *Journal of Animal Science*, 96(12), 5336-5344. https://doi.org/10.1093/jas/sky384

Zaboli K, Aliarabi H, Bahari AA, Abbasalipourkabir R (2013) Role of dietary nano-zinc oxide on growth performance and blood levels of mineral: a study on in Iranian angora (markhoz) goat kids. *Journal of Pharmaceutical and Health Sciences*, 2(1), 19-26.