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 nutrients digestibility, ruminal parameters, nitrogen retention, and ruminal protozoa in Mehraban male lambs

Khalil Zaboli[1*], Mehbod Mehradkia[2], Hasan Aliarabi[3]

[1] Assistant Professor, Department of Animal Science, Agriculture Faculty, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, Email: zaboli@basu.ac.ir
[2] M.Sc. student, Department of Animal Science, Agriculture Faculty, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
[3] Professor, Department of Animal Science, Agriculture Faculty, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 06/11/2022
Revised: 07/27/2022
Accepted: 07/28/2022

Keywords:
Digestibility
Mehraban male lamb
Nitrogen metabolism
Ruminal parameters
Zinc

ABSTRACT

Background and objectives: Zinc (Zn) is an essential mineral involved in many vital functions such as growth, DNA synthesis, and hormones and enzyme structure. So the presence of Zn is necessary for the diet of animals. Dietary zinc deficiency reduces appetite and impairs ruminal fermentation. This study was performed to investigate the effect of different levels of Zn on digestibility and ruminal parameters in Mehraban male lambs.

Materials and methods: 18 Mehraban male lambs 3-4 months old with an initial body weight of 33.62 ± 2.67 kg were used in a completely randomized design. The basal diet (containing 26.10 mg Zn/kg DM without supplementary Zn) was offered in a total mixed ration twice daily in the morning (08:00) and evening (16:00) for 60 days. Experimental treatments included 1) basal diet without adding Zn supplementary (control), 2) basal diet plus 40 mg Zn/kg DM in the form of zinc sulfate, and 3) basal diet plus 80 mg Zn/kg DM in the form of zinc sulfate. During the experimental period, feed intake and body weight gain were measured daily and every 15 days, respectively. At the end of the experiment, the rumen fluid was collected from the lambs using the esophagus tube, 3 hours after morning feeding. After the determination of pH, rumen fluid was filtered through four layers of cheesecloth, acidified, and then stored at -20 ° C. These samples were used for the measurement of total volatile fatty acid and ammonia concentration. Another part of the ruminal fluids (without filtration) was mixed with 18.5% formaldehyde in a ratio of 1: 1 and kept at room temperature away from light for determination of the population of rumen protozoa. At the end of day 60, 4 lambs from each treatment were randomly transferred to the metabolic cages for 10 days (5 days for adaptation and 5 days for sampling period) for digestibility and nitrogen retention trial. During the sampling period, feed intake, ort, urine, and feces excreted for 24 hours were recorded and sampled daily.

Results: The results showed that using different levels of zinc had no significant effect on dry matter, organic matter, and crude protein intakes. The digestibility of dry matter and diet ingredients were not affected by zinc supplementation. The nutritive value of the diets (digestible crude protein and total digestible nutrients) did not show significant differences between the treatments. Also, the supplementation of zinc to the basal diet had no significant effect on ruminal parameters (pH, total volatile fatty acids, and ammonia concentration), total numbers, and observed genus of ruminal protozoa. The highest and lowest numbers of observed protozoa

were related to Entodinium and Dasytricha genera, respectively. Supplementation of zinc to the basal diet had no significant effect on retained nitrogen. The amount of nitrogen retention in control and treatments 2 and 3 were 8.95, 8.55, and 8.61 g/day, respectively, which was not affected by zinc supplementation.
Conclusion: Generally, the results of this study showed that adding 40 and 80 mg Zn/kg DM to the diet of fattening lambs (containing 26.10 mg Zn/kg DM) had no significant effect on measured traits such as feed intake, nutrients digestibility, ruminal parameters and retained nitrogen. It seems that the amount of zinc in the basal diet has provided the animal's needs in this regard and there is no need to add zinc.

Cite this article: Zaboli, Kh., Mehradkia, M., Aliarabi, H. (2022). The effect of different levels of zinc on nutrients digestibility, ruminal parameters, nitrogen retention and ruminal protozoa in Mehraban male lambs. *Journal of Ruminant Research*, 10 (3), 127-142.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJRR.2022.20309.1852
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 قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه‌های شکمبه‌ای، ابقاء نیتروژن و پروتوزوای شکمبه‌ای بره‌های نر مهربان

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

۱. استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران رایانامه: zaboli@basu.ac.ir
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۳. استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۲۱
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۵/۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۶

واژه‌های کلیدی:
بره نر مهربان
عنصر روی
فراسنجه‌های شکمبه
قابلیت هضم
متابولیسم نیتروژن

چکیده

سابقه و هدف: عنصر روی یک ماده معدنی ضروری است که در بسیاری از اعمال حیاتی بدن از قبیل رشد، سنتز DNA، ساختمان هورمون‌ها و آنزیم‌ها نقش دارد. به همین دلیل وجود این عنصر در جیره غذایی حیوانات لازم و ضروری است. کمبود روی در جیره، سبب کاهش اشتها و اختلال در تخمیر شکمبه می‌شود. این پژوهش، به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف عنصر روی بر قابلیت هضم مواد مغذی و فراسنجه‌های شکمبه‌ای در بره‌های نر مهربان انجام شد.

مواد و روش‌ها: برای انجام این آزمایش از تعداد ۱۸ رأس بره نر مهربان ٤-۳ ماهه با میانگین وزن ۲/٦۷± ۳۳/٦۲ کیلوگرم در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تیمار و ٦ تکرار استفاده شد. جیره پایه (حاوی ۲٦/۱۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره) به‌صورت کاملاً مخلوط شده در دو وعده صبح (۰۸:۰۰) و عصر (۱٦:۰۰) به مدت ٦۰ روز در اختیار بره‌ها قرار گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل ۱) جیره پایه، بدون افزودن مکمل روی (شاهد)، ۲) جیره پایه به همراه ٤۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره به‌صورت سولفات روی و ۳) جیره پایه به همراه ۸۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره به‌صورت سولفات روی بود. در طول دوره آزمایش، مقدار خوراک مصرفی روزانه و افزایش وزن بره‌ها هر ۱۵ روز یک‌بار اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی مقدار pH، غلظت کل اسیدهای چرب فرار، آمونیاک و نیز جمعیت پروتوزواهای شکمبه، در روز آخر آزمایش و ۳ ساعت بعد از خوراک‌دهی صبح، با استفاده از لوله مری از بره‌ها مایع شکمبه استحصال شد. نمونه‌های مربوط به تعیین غلظت کل اسیدهای چرب فرار و آمونیاک با استفاده از پارچه متقال چهار لایه صاف و پس از اسیدی شدن، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. نمونه‌های در نظر گرفته‌شده برای تعیین پروتوزوآها (بدون صاف شدن)، به نسبت ۱ به ۱ با فرمآلدئید ۱۸/۵٪ مخلوط و در دمای اتاق و به دور از تابش نور نگهداری شد. در پایان روز ٦۰ آزمایش، از هر تیمار تعداد ٤ رأس بره به‌صورت تصادفی انتخاب و به مدت ۱۰ روز (۵ روز دوره سازش‌پذیری و ۵ روز دوره نمونه‌برداری) به داخل قفس‌های متابولیک منتقل شدند و آزمایش تعیین قابلیت هضم و ابقاء نیتروژن بر روی آن‌ها انجام شد. در مرحله نمونه‌برداری، مقدار خوراک خورده شده، پسماند احتمالی، ادرار و مدفوع دفع شده طی ۲٤ ساعت به‌طور روزانه ثبت و از آن‌ها نمونه‌برداری صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد استفاده از سطوح مختلف عنصر روی، اثر معنی‌داری بر مصرف ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خام نداشت. قابلیت هضم ماده خشک و قابلیت هضم اجزای جیره با مصرف مکمل روی

تغییر نکرد. ارزش غذایی جیره‌ها (پروتئین خام قابل‌هضم و مجموع مواد مغذی قابل‌هضم) نیز در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نشان نداد. همچنین، افزودن عنصر روی به جیره پایه، اثر معنی‌داری بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای (مقدار pH، غلظت کل اسیدهای چرب فرار و آمونیاک)، تعداد کل پروتوزوآهای شکمبه و جنس‌های مشاهده‌شده آن‌ها نداشت. بیشترین تعداد پروتوزوآی مشاهده‌شده، مربوط به جنس *انتودینیوم* و کمترین تعداد نیز مربوط به جنس *داسی‌تریش* بود. افزودن مکمل روی به جیره پایه اثر معنی‌داری بر نیتروژن ابقاء شده نداشت. میزان نیتروژن ابقاء شده در تیمارهای شاهد، ۲ و ۳ به ترتیب ۸/۹۵، ۸/۵۵ و ۸/۶۱ گرم در روز بود که تحت تأثیر مصرف عنصر روی قرار نگرفت.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی، نتایج این آزمایش نشان داد که اضافه کردن مقدار ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم عنصر روی به هر کیلوگرم از ماده خشک جیره پایه (حاوی ۲۶/۱۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک)، تأثیر معنی‌داری بر صفات اندازه‌گیری شده نداشت. به نظر می‌رسد مقدار عنصر روی موجود در جیره پایه، نیاز حیوان را از این نظر تأمین کرده و نیازی به افزودن عنصر روی نیست.

استناد: زابلی، خ.، مهرادکیا، م.، علی عربی، ح. (۱۴۰۱). اثر سطوح مختلف عنصر روی بر قابلیت هضم مواد مغذی، فرا سنجه‌های شکمبه‌ای، ابقاء نیتروژن و پروتوزوای شکمبه‌ای بره‌های نر مهربان. *پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۱۰ (۳)، ۱۴۲-۱۲۷

DOI: 10.22069/EJRR.2022.20309.1852

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

از دیرباز، بهبود عملکرد در حیوانات اهلی، ازنظر دامداران دارای اهمیت خاصی بوده است و برای این منظور، تأمین مواد مغذی موردنیاز این حیوانات در اولویت قرار داشته است. یکی از مهم‌ترین مواد مغذی، عناصر کم‌مصرف می‌باشد و در بین این عناصر کم‌مصرف، عنصر روی دارای جایگاه ویژه‌ای می‌باشد؛ زیرا این عنصر در عملکرد بسیاری از سیستم‌های آنزیمی بدن از قبیل متابولیسم اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها نقش دارد (McDowell، ۱۹۹۵). امروزه، استفاده از عنصر روی در جیره دام‌ها (به‌خصوص دام‌های جوان)، موردتوجه بسیاری از محققین و تولیدکنندگان خوراک دام در کشور قرارگرفته است؛ زیرا غلظت این عنصر در خاک‌های سطحی ایران بسیار کم (کمتر از ۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) می‌باشد و مصرف گیاهانی که در این نوع خاک‌ها رشد می‌کنند، سبب کاهش اشتها و عواقب ناشی از آن از قبیل کاهش دریافت سایر مواد مغذی و کاهش رشد در حیوانات می‌گردد. بر این اساس، مصرف روزانه این عنصر در جیره غذایی حیوانات و دام‌های اهلی ضروری می‌باشد (Malakouti Rad و همکاران، ۲۰۰۲؛ Suttle، ۲۰۱۰).

گزارش‌های مختلفی در خصوص اثرات استفاده از عنصر روی در جیره دام‌های مختلف بر قابلیت هضم و فراسنجه‌های شکمبه وجود دارد. Garg و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از سطح ۲۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره از طریق سولفات روی و متیونین روی در بره‌های پرواری، تفاوت معنی‌داری در قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در گروه‌هایی که مکمل روی مصرف کرده بودند، مشاهده نکردند؛ اما Salama Ahmed و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که استفاده از ۱ گرم مکمل متیونین روی در جیره بزهای شیری سبب افزایش قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین خام در مقایسه با تیمار شاهد گردید. در آزمایشی که از مکمل روی به میزان ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک جیره بزهای آنقوره به مدت ۸ ماه استفاده‌شده بود، میانگین pH و غلظت آمونیاک شکمبه تحت تأثیر مصرف روی قرار نگرفت (Eryavuz و Dehority، ۲۰۰۹)؛ اما Ott و همکاران (۱۹٦٦) پس از افزودن سطوح مختلف عنصر روی در جیره بره‌های نر، مشاهده کردند که با افزایش سطح عنصر روی، pH شکمبه به‌طور خطی افزایش و غلظت کل اسیدهای چرب فرار کاهش یافت.

گزارش‌شده است که مصرف ناکافی عنصر روی در جیره، سبب کاهش رشد باکتری‌های شکمبه می‌شود (Kinal و همکاران، ۱۹۹٦). افزایش مصرف بیش‌ازحد آن نیز، اثر بازدارندگی بر باکتری‌های شکمبه داشته و سبب کاهش فعالیت آن‌ها می‌گردد (Vázquez-Armijo و همکاران، ۲۰۱۱). عنصر روی از طریق کاهش تولید اسید استیک و افزایش تولید اسید پروپیونیک در شکمبه، بر روند تولید اسیدهای چرب فرار در شکمبه تأثیرگذار بوده و از این طریق، فرآیند تخمیر شکمبه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bateman و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین، استفاده از سطوح بالای عنصر روی در جیره سبب کاهش تجزیه پروتئین در شکمبه شده و لذا میزان پروتئین عبوری از شکمبه را افزایش می‌دهد (Eryavuz و همکاران، ۲۰۰۲). لذا به نظر می‌رسد که میزان مصرف این عنصر در جیره، بر قابلیت هضم جیره، متابولیسم نیتروژن و فراسنجه‌های شکمبه‌ای تأثیرگذار باشد.

امروزه افزودن مکمل روی به جیره غذایی دام‌های کشور اجتناب‌ناپذیر است؛ اما می‌بایست به این نکته توجه نمود که نیاز غذایی دام‌ها علاوه بر اینکه تحت

تأثیر نژاد و شرایط فیزیولوژیک دام می‌باشد، تحت تأثیر شرایط محیطی و اقلیمی هم قرار دارد. به‌عبارت‌دیگر، شرایط محیطی و اقلیمی هر منطقه، بر نوع نژاد و پراکنش آن در آن منطقه تأثیرگذار است. بر این اساس، نژادهای مختلف ممکن است نیازهای غذایی متفاوتی ازجمله نیاز به عنصر روی داشته باشند. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر مکمل روی بر قابلیت هضم، متابولیسم نیتروژن و فرا سنجه‌های شکمبه‌ای بره‌های نر نژاد مهربان انجام شد.

مواد و روش‌ها

حیوانات و تیمارهای آزمایشی: برای انجام این آزمایش از تعداد ۱۸ رأس بره نر مهربان ٤-۳ ماهه (با میانگین وزن ۲/٦۷±۳۳/٦۲ کیلوگرم) در مزرعه تحقیقاتی گروه علوم دامی دانشگاه بوعلی سینا واقع در منطقه عباس‌آباد شهرستان همدان استفاده شد. قبل از شروع آزمایش، بره‌ها ازنظر بیماری و بهداشتی موردبررسی قرار گرفتند. بره‌ها در جایگاه‌های انفرادی نگهداری شدند. قبل از شروع آزمایش، شستشو و با استفاده از شعله ضدعفونی شد. جیره پایه شامل علوفه خشک یونجه، دانه جو و کنجاله سویا بود که به‌صورت کاملاً مخلوط شده در دو وعده صبح (۰۸:۰۰) و عصر (۱٦:۰۰) در اختیار بره‌ها قرار می‌گرفت (جدول ۱). جیره مورداستفاده بره‌ها، با استفاده از جداول استاندارد غذایی تنظیم و تمام نیازهای غذایی بره‌ها به‌جز عنصر روی به‌وسیله آن تأمین شد (NRC، ۲۰۰۷). به‌منظور عادت دهی به محیط و جیره، بره‌ها در یک دوره ۲۰ روزه با جیره پایه (بدون استفاده از مکمل روی)، تغذیه شدند (Zaboli و همکاران، ۲۰۱۳). با شروع آزمایش، همه بره‌ها (با در نظر گرفتن ۱٦ ساعت محرومیت از خوراک) توزین شده و وزن اولیه آن‌ها به دست آمد. سپس، بره‌ها به‌طور تصادفی به تیمارهای آزمایشی (هر تیمار شامل ٦ رأس بره) اختصاص داده شد و بره‌ها به مدت ٦۰ روز از این تیمارها تغذیه کردند. (Deters و همکاران، ۲۰۲۱). تیمارهای آزمایشی شامل ۱) گروه شاهد (جیره پایه، بدون افزودن مکمل روی)، ۲) جیره پایه حاوی ٤۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره به‌صورت سولفات روی و ۳) جیره پایه حاوی ۸۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره به‌صورت سولفات روی بود. به‌منظور خوراندن مکمل سولفات روی، از مخلوط دانه جو آسیاب شده و سولفات روی (با توجه به مقدار موردنیاز روزانه هر بره)، قبل از نوبت غذایی صبح استفاده می‌شد.

نمونه‌برداری: در طول دوره آزمایش، مقدار خوراک مصرفی به‌صورت روزانه و تغییرات وزن بره‌ها در روزهای ۱۵، ۳۰، ٤۵ و ٦۰ (با فواصل ۱۵ روزه)، با اعمال محرومیت غذایی (۱٦ ساعت) اندازه‌گیری شد. در روز آخر آزمایش و ۳ ساعت بعد از خوراک‌دهی صبح، با استفاده از لوله مری از بره‌ها مایع شکمبه گرفته شد (Zaboli و Aliarabi، ۲۰۱۳). ابتدا pH مایع شکمبه توسط دستگاه pH متر (مدل Inolab, 7110) اندازه‌گیری شد (Zaboli و Aliarabi، ۲۰۱۳). جهت تعیین اسیدهای چرب فرار، نمونه‌ها توسط پارچه متقال ٤ لایه صاف شده و در ظروف درب دار محتوی اسید متا فسفریک ۲۵٪ به نسبت ۲۰٪ ریخته شده و نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Wang و همکاران، ۲۰۱۳) مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از مایع شکمبه صاف‌شده به نسبت ۱ به ۱ با اسیدکلریدریک ۰/۲ نرمال جهت تعیین میزان آمونیاک در ظروف درب دار ریخته و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد فریز گردید (Ibrahimi Khoram Abadi و همکاران، ۲۰۱۵).

جدول ۱- اجزاء و ترکیب شیمیایی جیره پایه

Table 1. Ingredients and chemical composition of the basal diet

درصد Percentage	اجزاء جیره پایه Ingredients of basal diet
27	یونجه خشک Alfalfa
70	دانه جو Barley grain
3	کنجاله سویا Soybean meal
	ترکیب شیمیایی جیره پایه Chemical composition of basal diet
92.77	ماده خشک (درصد) Dry Matter (%)
93.01	ماده آلی (درصد ماده خشک) Organic Matter (% DM)
12.05	پروتئین خام (درصد ماده خشک) Crude Protein (% DM)
8.82	پروتئین قابل متابولیسم Metabolizable protein [1] (% DM)
2.79	عصاره اتری (درصد ماده خشک) Ether extract (% DM)
31.01	دیواره سلولی (درصد ماده خشک) Neutral detergent fiber (% DM)
47.15	کربوهیدرات غیر فیبری (درصد ماده خشک) Non fiber carbohydrate (% DM)
2.76	انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری بر کیلوگرم ماده خشک) Metabolizable energy [1] (Mcal/kg DM)
0.52	کلسیم (درصد ماده خشک) Calcium (% DM)
0.29	فسفر (درصد ماده خشک) Phosphorus (% DM)
26.10	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) Zinc (mg/kg DM)
9.16	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) Cupper (mg/kg DM)
180.36	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) Iron (mg/kg DM)

[1] پروتئین قابل متابولیسم و انرژی قابل متابولیسم با استفاده از جدول نیازهای غذایی انجمن تحقیقات ملی (2007) محاسبه گردید.

[1]Metabolizable protein and energy were calculated based on NRC (2007).

نمونه‌ها برای تعیین پروتوزوآها به نسبت ۱ به ۱ با فرمآلدئید ۱۸/۵٪ مخلوط و در دمای اتاق و به‌دوراز تابش نور نگهداری شد (Dehority، ۱۹۸٤). در پایان آزمایش (روز ٦۰)، تعداد ٤ رأس بره به‌صورت تصادفی از هر تیمار انتخاب و به داخل قفس‌های متابولیکی منتقل شدند و با در نظر گرفتن ۵ روز دوره عادت‌پذیری و ۵ روز نمونه‌برداری، آزمایش تعیین قابلیت هضم و نمونه‌برداری از ادرار بره‌ها انجام شد. بره‌ها روزانه در دو نوبت در ساعات ۸:۰۰ و ۱٦:۰۰ تغذیه شدند و روزانه مقدار خوراک خورده شده، باقیمانده احتمالی خوراک، مدفوع و ادرار دفع شده طی ۲٤ ساعت به‌طور روزانه ثبت و از آن‌ها جهت

آنالیزهای بعدی نمونه‌برداری صورت گرفت (Najafi، ۲۰۱۷). برای اندازه‌گیری نیتروژن قابل متابولیسم، کل ادرار دفعی (در طول ۲٤ ساعت) هر دام به‌صورت روزانه (با استفاده از قیف‌های مخصوص جمع‌آوری ادرار) در ظروف ۵ لیتری و به‌طور جداگانه جمع‌آوری شد. برای حفظ ترکیبات نیتروژن دار و جلوگیری از فعالیت میکروبی، به ظروف جمع‌آوری ادرار به‌طور روزانه اسیدسولفوریک ۱۰ درصد اضافه گردید تا pH آن به ۳-۲/۵ کاهش یابد. پس از ثبت حجم ادرار دفعی روزانه، مقدار ۲۰ درصد از آن به‌عنوان نمونه برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های ادرار مربوط به هر دام در روزهای مختلف بر روی‌هم ریخته شد و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. پس از اندازه‌گیری مقدار نیتروژن موجود در خوراک، مدفوع و ادرار (با روش کجلدال)، مقدار نیتروژن ابقاء شده (درصد) از طریق رابطه ۱ محاسبه گردید (Najafi، ۲۰۱۷):

رابطه :۱

$$\text{درصد نیتروژن ابقاء شده} = (A+B)/(C) \times ۱۰۰$$

در رابطه ۱، A نیتروژن مدفوع برحسب گرم، B نیتروژن ادرار برحسب گرم و C نیتروژن خورده شده برحسب گرم می‌باشد.

آنالیز شیمیایی و صفات اندازه‌گیری شده: ترکیب شیمیایی اجزای جیره با استفاده از روش‌های استاندارد تعیین شد (AOAC، ۲۰۱۲ و Vansoest و همکاران۱۹۹۱). مقدار نیتروژن آمونیاکی شکمبه با استفاده از روش فنل- هیپوکلریت و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Varian Cary 100) تعیین شد (Broderick و Kang، ۱۹۸۰). برای اندازه‌گیری مقدار کل اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه، از دستگاه مارخام و روش Barnett و Reid (۱۹۵۷) استفاده شد. برای این منظور، مطابق پروتکل موجود، مقدار ۲ میلی‌لیتر از مایع شکمبه صاف‌شده به همراه ۱ میلی‌لیتر اسید اگزالیک ۵ درصد و ۱ میلی‌لیتر اگزالات پتاسیم ۱۰ درصد به داخل دستگاه مارخام ریخته شد. پس از تقطیر، مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر از مایع تقطیرشده، در مجاورت یخ جمع‌آوری‌شده و درنهایت پس از اضافه کردن مقدار ۵ قطره فنل فتالئین به آن، با سود ۰/۰۱ نرمال تیتر شد. به‌منظور شمارش و تعیین جنس پروتوزوآهای شکمبه، ابتدا مایع شکمبه فرمالینی شده رنگ‌آمیزی و سپس به آرامی هم زده شد و چند قطره از آن با استفاده از پیپت پاستور به‌آرامی روی لام مخصوص شمارش (Hawksley BS.748، انگلستان) ریخته شد و در زیر میکروسکوپ نوری (با عدسی شیئی ×۲۰) شمارش گردید (Dehority، ۱۹۸٤).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها: نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از رویه GLM و با استفاده از نرم‌افزار SAS آنالیز شد (نسخه 9.1، سال ۱۹۹۹). مدل آماری استفاده‌شده، $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ بود که در آن Y_{ij} مقدار مشاهده تیمار i ام در تکرار j ام، μ اثر میانگین، T_i اثر تیمار i ام و e_{ij} اثرخطای آزمایش مربوط به تیمار i ام در تکرار j ام بود. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح خطای ۵ درصد انجام گرفت. به‌منظور مقایسه میانگین مصرف خوراک، وزن اولیه بره‌ها به‌عنوان متغیر کمکی (کوواریت) در نظر گرفته شد؛ اما با توجه به عدم معنی‌داری، در مدل آماری استفاده نشد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف عنصر روی بر مقدار مصرف و قابلیت هضم مواد مغذی جیره در بره‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. مطابق جدول فوق، علی‌رغم اینکه مصرف عنصر روی در تیمارهای آزمایشی دارای تفاوت معنی‌داری بود (P<۰/۰۵)، اما اثر آن بر مصرف ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خام

در برهها معنیدار نبود. قابلیت هضم ماده خشک و اجزای جیره نیز تحت تأثیر مصرف مکمل روی قرار نگرفت و تحت چنین شرایطی، ارزش انرژیزایی جیرهها (پروتئین قابلهضم و مجموع مواد مغذی قابلهضم) هم تفاوت معنیداری نشان نداد. مشابه نتایج ما، Garg و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که استفاده از مقدار ۲۰ میلیگرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره (بهصورت سولفات روی و متیونین روی) در برههای ۵-٤ ماهه، اثری بر مصرف ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خام در برهها نداشت. در مطالعه ایشان، قابلیت هضم ماده خشک و مواد مغذی جیره (ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی) و همچنین ارزش انرژیزایی جیرههـا، تحت تأثیر مصرف روی قرار نگرفت.

جدول ۲- تأثیر سطوح مختلف سولفات روی (میلیگرم در هر کیلوگرم) بر مقدار مصرف و قابلیت هضم مواد مغذی مختلف در برهها

Table 2. Effect of different levels of zinc sulfate (mg/kg DM) on intake and digestibility of different nutrients in lambs

p-value	SEM	۸۰ 80	٤۰ 40	شاهد Control	فراسنجهها Parameters
					مصرف مواد مغذی (گرم بر کیلوگرم وزن زنده) Nutrients intake (g/kg body weight)
<.0001	0.072	3.60 [a]	2.32 [b]	0.88 [c]	عنصر روی (میلیگرم بر کیلوگرم وزن زنده) Zinc (mg/kg body weight)
0.3512	1.004	33.91	33.12	33.60	ماده خشک Dry matter
0.3510	0.934	31.54	32.67	31.26	ماده آلی Organic matter
0.3495	0.122	4.09	4.23	4.05	پروتئین خام Crude protein
					قابلیت هضم (درصد) Digestibility (%)
0.3397	2.024	63.96	65.77	67.11	ماده خشک Dry matter
0.1005	1.436	67.35	68.18	70.72	ماده آلی Organic matter
0.6091	1.818	85.25	84.95	86.69	پروتئین خام Crude protein
0.0902	1.044	84.90	85.07	87.26	چربی خام (درصد) Ether extract
0.6107	1.180	49.73	49.75	49.84	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber
					ارزش غذایی جیرهها Nutritive value of the diets
0.6079	0.022	10.27	10.24	10.45	پروتئین خام قابلهضم (درصد) Digestible crude protein (%)
0.0888	0.139	64.21	65.64	67.72	مجموع مواد مغذی قابلهضم (درصد) Total digestible nutrients (%)

تیمار شاهد (جیره پایه) حاوی ۲٦/۱۰ میلیگرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره

SEM: خطای استاندارد بین میانگینها

حروف متفاوت در هر ردیف نشاندهنده وجود اختلاف آماری معنیدار (P<۰/۰۵) میباشد.

Control (basal diet) included 26.10 mg Zn/kg DM of diet

SEM: Standard error of the mean

Means with different superscript letters in rows are significantly different (P<0.05).

همچنین VanValin و همکاران (۲۰۱۸) با افزودن مقدار ۴۰ میلی‌گرم عنصر روی به هر کیلوگرم از ماده خشک جیره بره‌های از شیر گرفته شده (به‌صورت سولفات روی، متیونین روی و هیدروکسی کلرید روی)، تفاوتی در مصرف ماده خشک و ماده آلی و همچنین قابلیت هضم ماده خشک و اجزای جیره مشاهده نکردند. Zaboli و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش کردند مصرف اکسید روی و نانو اکسید روی اثری بر مصرف ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خام و همچنین، قابلیت هضم ماده خشک و اجزای جیره (ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی) نداشت.

بر اساس توصیه جداول انجمن ملی تحقیقات (۱۹۸۵)، نیاز بره‌های در حال رشد به عنصر روی، در حدود ۲۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک خوراک می‌باشد. درحالی‌که مقدار توصیه‌شده آن در جداول انجمن ملی تحقیقات (۲۰۰۷) بین ۲۸ تا ۴۹ میلی‌گرم می‌باشد. در این مطالعه غلظت عنصر روی در جیره پایه (تیمار شاهد) در حدود ۲۶/۱۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک جیره بود که به نظر می‌رسد، مطابق با احتیاجات توصیه‌شده برای بره‌های در حال رشد در منابع استاندارد می‌باشد که نشان‌دهنده کافی بودن این عنصر در جیره پایه، برای رشد طبیعی بره‌های در حال رشد در آزمایش حاضر بود و لذا افزودن مکمل روی، اثری بر مصرف خوراک و قابلیت هضم اجزای جیره نداشت.

لازم به ذکر است که یکی از علائم اولیه کمبود عنصر روی در جیره، کاهش اشتها و به دنبال آن کاهش مصرف خوراک است (Suttle، ۲۰۱۰). همچنین، کمبود عنصر روی در بدن، سبب کاهش ترشح هورمون رشد و عامل رشد شبه انسولین[1] نیز می‌شود. این دو هورمون در رشد و افزایش وزن بدن تأثیر زیادی دارند (MacDonald، ۲۰۰۰).

برخلاف نتایج ما، Salama Ahmed و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که استفاده از ۱ گرم مکمل متیونین روی به‌صورت روزانه در جیره بزهای شیری سبب افزایش قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین خام در مقایسه با تیمار شاهد گردید که احتمالاً دلیل آن، ناشی از بالا بودن سطح عنصر روی در جیره مکمل شده در مقایسه با تیمار شاهد در آزمایش ایشان بود. زیرا عنصر روی هم برای حیوان نشخوارکننده و هم برای انجام وظایف میکروارگانیسم‌های شکمبه موردنیاز است. علت عدم اثر مکمل روی بر قابلیت هضم و ارزش غذایی جیره‌ها در آزمایش حاضر، احتمالاً به این دلیل بوده است که مقدار عنصر روی تأمین‌شده از طریق جیره پایه (۲۶/۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک جیره) علاوه بر تأمین نیاز دام، نیاز میکروب‌های شکمبه را نیز برای هضم ماده خشک و مواد مغذی جیره تأمین کرده است و لذا اضافه کردن مکمل روی به جیره پایه، تأثیری بر قابلیت هضم ماده خشک و مواد مغذی جیره در شکمبه و کل دستگاه گوارش نداشته است (Jia و همکاران، ۲۰۰۸)

نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف عنصر روی بر فراسنجه‌های شکمبه در جدول ۳ ارائه‌شده است. مطابق جدول فوق، افزودن عنصر روی به جیره پایه، اثر معنی‌داری بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای نداشت. مشابه نتایج ما، Arelovich و همکاران (۲۰۰۸) با اضافه کردن مقدار ۴۳۰ میلی‌گرم عنصر روی (به‌صورت کلرید روی) به ازای هر کیلوگرم از ماده خشک جیره، مشاهده کردند که اضافه کردن مکمل روی، تأثیری بر غلظت اسیدهای چرب فرار، آمونیاک و pH شکمبه گاوهای آبردین آنگوس نداشت. همچنین Zaboli و Aliarabi (۲۰۱۳) گزارش کردند که استفاده از سطوح ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم عنصر روی

1.IGF_1

در هر کیلوگرم از ماده خشک جیره، به‌صورت اکسید روی و نانو اکسید روی، اثر معنی‌داری بر pH، غلظت کل اسیدهای چرب فرار و آمونیاک شکمبه در بزغاله‌های مرغوز نداشت. Bateman و همکاران (۲۰۰۲) نیز مقدار ٤۰۰ میلی‌گرم عنصر روی (به‌صورت سولفات روی) بر کیلوگرم ماده خشک، به جیره گاوهای هلشتاین اضافه کرده و گزارش کردند که مقدار pH، غلظت کل اسیدهای چرب فرار و آمونیاک شکمبه بین تیمار شاهد و تیمارهای دریافت‌کننده روی تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

برخلاف نتایج ما، Ott و همکاران (۱۹٦٦) پس از مکمل کردن سطوح ۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ٤۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره از عنصر روی به‌صورت سولفات روی در جیره بره‌های نر، مشاهده کردند با افزایش سطح عنصر روی، pH شکمبه به‌طور خطی افزایش و غلظت کل اسیدهای چرب فرار کاهش یافت. ایشان بیان کردند ازآنجاکه سطوح بالای عنصر روی در جیره، برای میکروارگانیسم‌های شکمبه مسمومیت‌زا می‌باشد، لذا تحت چنین شرایطی، رشد میکروارگانیسم‌های شکمبه دچار مشکل شده و روند تخمیر شکمبه تحت تأثیر قرارگرفته است. لازم به ذکر است که افزایش بیش‌ازحد عنصر روی به جیره، سبب افزایش pH شکمبه می‌گردد. زیرا عنصر روی در غلظت زیاد، فعالیت آنزیمی میکروب‌های شکمبه را کاهش می‌دهد. چنین وضعیتی سبب می‌گردد که هضم سلولز در شکمبه کاهش‌یافته و به دنبال آن تولید کل اسیدهای چرب فرار نیز کاهش‌یافته و درنهایت منجر به افزایش pH شکمبه گردد (Eryavuz و همکاران، ۲۰۰۲).

جدول ۳- تأثیر سطوح مختلف سولفات روی (میلی‌گرم در هر کیلوگرم) بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای

Table 3. Effect of different levels of zinc sulfate (mg/kg DM) on ruminal parameters

p-value	SEM	۸۰ 80	٤۰ 40	شاهد Control	فراسنجه‌ها Parameters
0.8311	0.245	6.31	6.46	6.39	pH
0.7372	4.982	75.81	79.44	76.25	کل اسیدهای چرب فرار (میلی‌مول بر لیتر) Total volatile fatty acid (Mmol/l)
0.3814	0.259	2.44	2.56	2.81	آمونیاک (میلی مول بر لیتر) NH_3 (Mmol/l)

تیمار شاهد (جیره پایه) حاوی ۲٦/۱۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره
SEM: خطای استاندارد بین میانگین‌ها

Control (basal diet) included 26.10 mg Zn/kg DM of diet
SEM: Standard error of the mean

لازم به ذکر است که افزودن عنصر روی به جیره از طریق تغییر نسبت اجزای اسیدهای چرب فرار در شکمبه، فرآیند تخمیر شکمبه را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ یعنی با کاهش نسبت اسید استیک و افزایش اسید پروپیونیک، بازده تولید انرژی جیره افزایش می‌یابد (Eryavuz و همکاران، ۲۰۰۲.، Bateman و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین، افزودن عنصر روی به جیره، با ممانعت از تجزیه شدن پروتئین در شکمبه، از تجمع آمونیاک در شکمبه جلوگیری می‌کند (Kathirvelan و Balakrishnan، ۲۰۰۸). به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر، سطح عنصر روی اضافه‌شده به جیره پایه، در حدی نبوده است که بتواند بر فرآیندهای فوق تأثیرگذار باشد. همچنین، با توجه به اینکه در این پژوهش، مقدار فراسنجه‌های شکمبه‌ای در همه تیمارها در حد طبیعی بود، لذا تحت چنین شرایطی، فرآیند هضم و تخمیر شکمبه در بره‌ها به-

صورت طبیعی در حال انجام بوده است (Wang و همکاران، ۲۰۱۳). به‌عبارت‌دیگر، جیره پایه نیاز میکروارگانیسم‌های شکمبه را ازنظر عنصر روی تأمین کرده است و لذا اضافه کردن عنصر روی به جیره بره-ها، تأثیری بر فعالیت باکتری‌ها و تخمیر شکمبه نداشته است‌نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف عنصر روی بر پروتوزوآهای شناسایی‌شده در شکمبه بره‌ها در جدول ٤ ارائه‌شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، افزودن عنصر روی به جیره بره‌ها، اثر معنی‌داری بر تعداد کل پروتوزوآهای شکمبه و جنس-های مشاهده‌شده آن‌ها نداشت. در بین جنس‌های مشاهده‌شده، بیشترین تعداد مربوط به جنس انتودینیوم و کمترین تعداد نیز مربوط به جنس داسی‌تریش بود. مشابه نتایج ما، Zaboli و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که افزودن مقدار ۲۰ و ٤۰ میلی‌گرم عنصر روی به‌صورت اکسید روی و نانو اکسید روی به هر کیلوگرم از ماده خشک جیره بزغاله‌های نر مرغوز، اثری بر تعداد کل پروتوزوآهای شکمبه نداشت. همچنین، در آزمایش‌های Eryavuz و همکاران (۲۰۰۲) که از مکمل روی به‌میزان ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک جیره در بزهای آنقوره ۱۲-۱۰ ماهه به مدت ۸ ماه استفاده‌شده بود، تعداد کل پروتوزوآهای شکمبه تحت تأثیر مصرف روی قرار نگرفت؛ اما نتایج برخی از مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از غلظت‌های بالاتر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک جیره از عنصر روی، سبب حذف پروتوزوآها از شکمبه می‌شود (Bonhomme و همکاران، ۱۹۷۹.، Durand و Kawashima، ۱۹۸۰). بر این اساس، در مطالعات Froetschel و همکاران (۱۹۹۰) استفاده از مکمل روی به میزان ۱۱٤۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک جیره به‌صورت سولفات روی در جیره گاوهای نر پرواری، سبب کاهش معنی‌دار جمعیت پروتوزوآها در شکمبه شد.

جدول ٤- تأثیر سطوح مختلف سولفات روی (میلی‌گرم در هر کیلوگرم) بر تعداد کل و جنس‌های مشاهده‌شده پروتوزوآهای شکمبه در بره‌ها (10^6× در هر میلی‌لیتر)

Table 4. Effect of different levels of zinc sulfate (mg/kg DM) on total numbers and observed genus of ruminal protozoa in lambs ($\times 10^6$ /ml)

p-value	SEM	۸۰ 80	٤۰ 40	شاهد Control	فراسنجه‌ها Parameters
0.8685	1.061	6.12	6.43	6.68	تعداد کل پروتوزوآها Total protozoa
0.9291	0.744	3.78	3.85	4.06	*انتودینیوم* *Entodinium spp.*
0.8515	0.238	0.43	0.46	0.56	*دیپلودینیوم* *Diplodinium spp.*
0.8727	0.063	0.17	0.20	0.19	*داسی‌تریش* *Dasytricha spp.*
0.9788	0.308	0.41	0.43	0.41	*ایزوتریش* *Isotricha spp.*
0.8699	0.144	1.11	1.03	1.05	*اپی‌دینیوم* *Epidinium spp.*
0.3948	0.172	0.23	0.46	0.42	*افریواسکولکس* *Ophryoscolex spp.*

تیمار شاهد (جیره پایه) حاوی ۲٦/۱۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره
SEM: خطای استاندارد بین میانگین‌ها

Control (basal diet) included 26.10 mg Zn/kg DM of diet
SEM: Standard error of the mean.

لازم به ذکر است که مطابق نظر محققین، وجود پروتوزوآها در شکمبه، نقش منفی در مصرف نیتروژن به‌وسیله نشخوارکنندگان دارند؛ زیرا پروتوزوآها تعداد زیادی از باکتری‌های شکمبه را بلعیده و هضم می‌کنند، بنابراین جریان پروتئین میکروبی را از شکمبه به دئودنوم کاهش می‌دهند (Garg و Vishal-Mudgal، ۲۰۰۸). ازآنجاکه پروتوزوآها در بازچرخش پروتئین باکتریایی نقش دارند، لذا به نظر می‌رسد که مکمل کردن سطوح بالای عنصر روی در جیره نشخوارکنندگان، از طریق حذف پروتوزوآها، ممکن است در بازده مصرف پروتئین خوراک اثرگذار باشد (Froetschel و همکاران، ۱۹۹۰)؛ اما در مطالعه حاضر، غلظت عنصر روی به‌کاررفته در تیمارهای آزمایشی به‌اندازه‌ای زیاد نبود که بتواند بر جمعیت این ارگانیسم‌ها اثرگذار باشد.

نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف عنصر روی بر متابولیسم نیتروژن در بره‌ها در جدول ۵ ارائه‌شده است. مطابق جدول فوق، افزودن مکمل روی به جیره پایه اثر معنی‌داری بر متابولیسم نیتروژن نداشته است. مشابه نتایج ما، Deters و همکاران (۲۰۲۱) در آزمایشی که بر روی بره‌های از شیر گرفته‌شده انجام دادند، گزارش کردند که اضافه کردن مقدار ۱۵ میلی‌گرم عنصر روی (به‌صورت سولفات روی و گلیسنات روی) به هر کیلوگرم ماده خشک جیره، اثری بر دفع و ابقاء نیتروژن نداشت. همچنین، Aliarabi و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که افزودن مقدار ٤٠ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک جیره، عنصر روی به‌صورت سولفات روی تفاوت معنی‌داری در ابقاء نیتروژن در بره‌های ۷-٦ ماهه ایجاد نکرد؛ اما برخلاف نتایج ما، Kinal و همکاران (۱۹۹٦) گزارش کردند که افزایش مصرف عنصر روی از ٤٠ به ۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک جیره در گاوهای خشک، سبب افزایش ابقاء نیتروژن شد. همچنین Maan وSihag (۲۰۱٤) گزارش کردند که با مصرف مقدار ٤٥ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم از ماده خشک جیره (به‌صورت سولفات روی و اکسید روی)، ابقاء نیتروژن در بزغاله‌های ۹-۸ ماهه بهبود پیدا کرد.

جدول ۵- تأثیر سطوح مختلف سولفات روی (میلی‌گرم در هر کیلوگرم) بر بالانس نیتروژن در بره‌ها (گرم در روز)

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

فراسنجه‌ها Parameters	شاهد Control	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3	SEM	p-value
نیتروژن خورده شده N intake	16.05	16.34	16.79	2.664	0.9617
نیتروژن دفع شده مدفوعی N fecal excretion	4.93	4.59	5.17	1.177	0.8880
نیتروژن ادراری N urinary excretion	2.67	3.20	3.01	0.357	0.4119
نیتروژن ابقاء شده N retention	8.95	8.55	8.61	1.392	0.9515

تیمار شاهد (جیره پایه) حاوی ۲٦/۱۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره

SEM: خطای استاندارد بین میانگین‌ها

Control (basal diet) included 26.10 mg Zn/kg DM of diet
SEM: Standard error of the mean.

به نظر می‌رسد که در مطالعه حاضر، یک سطح حداقلی از عنصر روی جهت بهینه کردن متابولیسم نیتروژن در جیره وجود داشته است و لذا استفاده از سطوح بالاتر عنصر روی در جیره، تأثیری بر

متابولیسم نیتروژن در بره‌ها نداشته است. به‌عبارت‌دیگر، مقدار عنصر روی موجود در جیره پایه (۲۶/۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک جیره)، برای متابولیسم بهینه نیتروژن در بره‌ها کافی بوده است.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج این آزمایش نشان داد که اضافه کردن مقدار ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم عنصر روی به هر کیلوگرم از ماده خشک جیره پایه (حاوی ۱۰۲۶ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک)، تأثیر معنی‌داری بر صفات اندازه‌گیری شده از قبیل مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی جیره، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و نیتروژن ابقاء شده نداشت. به نظر می‌رسد که مقدار عنصر روی موجود در جیره پایه، نیاز حیوان را از این نظر تأمین کرده است.

منابع

Aliarabi, H., Fadayifar, A., Tabatabaei, M.M., Zamani, P., Bahari, A.A., Farahavar, A. and 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.

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

Arelovich, H.M., Laborde, H.E., Amela, M.I., Torrea, M.B. and Martínez, M.F. 2008. Effects of dietary addition of zinc and (or) monensin on performance, rumen fermentation and digesta kinetics in beef cattle. Spanish Journal of Agricultural Research, 6(3): 362-372.

Barnett, A.G. and Reid, R.L. 1957. Studies on the production of volatile fatty acid production from fresh grass. Journal of Agriculture Science, 48: 315-321.

Bateman, H.G., Williams, C.C. and Chung, Y.H. 2002. Effects of supplemental zinc in high quality diets on ruminal fermentation and degradation of urea *in vitro* and *in vivo*. The Professional Animal Scientist, 18: 363- 367.

Bonhomme, A., Durand, M., Dumay, C. and Beaumatin, P. 1979. Etude *in vitro* du comportement des populations microbiennes du rumen en presence de zinc sous forme de sulfate. Annales De Biologie Animale, Biochimie, Biophysique, 19: 937–942.

Broderick, G.A. and Kang, J.H. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. Journal of Dairy Science, 63: 64-75.

Dehority, B.A. 1984. Evaluation of sub sampling and fixation procedures used for counting rumen Protozoa. Appled Environtal Microbioly, 48: 182-185.

Dehority, B.A. 1993. Laboratory manual for classification and morphology of rumen ciliate protozoa. CRC Press, Boca Raton, FL, ISBN: 0849348757, pp: 120.

Deters, E.L., VanDerWal, A.J., VanValin, K.R., Beenken, A.M., Heiderscheit, K.J., Hochmuth, K.G., Jackson, T.D., Messersmith, E.M., McGill, J.L. and 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.

Durand, M. and Kawashima, R. 1980. Influence of minerals in rumen microbial digestion. In: Ruckenbush, Y. and Thivend, P. (Ed.) Digestive physiology and Metabolism in the Ruminant. pp 375-408. AVI Publ. Co., Westport, CT.

Eryavuz, A. and Dehority, B.A. 2009. Effects of supplemental zinc concentration on cellulose digestion and cellulolytic and total bacterial numbers *in vitro*. Animal Feed Science and Technology, 151: 175–183.

Eryavuz, A., Durgan, Z. and Keskun, E. 2002. Effects of ration supplemented with zinc on some rumen and blood parameters, mohair production and quality in faunated and defaunated Angora goats. Turkish Journal of Veterinary and Animal Science, 26: 753-760.

Froetschel, M.A., Martin, A.C., Amos, H.E. and Evans, J.J. 1990. Effects of zinc sulfate concentration and feeding frequency on ruminal protozoal numbers, fermentation patterns and amino acid passage in steers. Journal of Animal Science, 68: 2874–2884.

Garg, A. K. and Vishal-Mudgal, R.S. 2008. Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization and mineral profile in lambs. Animal Feed Science and Technology, 144: 82–96.

Ghorbani, A., NooriyanSoroor, M.E. and Moeini, M.M. 2017. The effect of organic zinc and selenium supplementation on feed intake, digestibility, and rumen fermentation parameters in sheep, Animal Science Journal (Pajouhesh and Sazandegi), 30(115): 17-36. (In Persian).

Ibrahimi Khoram Abadi, E., Tahmasebi, A. M., Danesh Mesgaran, M., Naserian, A. A. and Vakili, S. A. 2015. Effect of Different Dietary Rumen Degradable to Rumen Undegradable Protein Ratio on Nitrogen Efficiency and Urea Transporter-B Expression in Growing Baluchi Male Lambs. Journal of Ruminant Research, 2(4):1-22 (In Persian).

Jia, W. B., Jia, Z.H., Zhang, W., Wang, R.L., Zhang, S. W. and Zhu, X.P. 2008. Effects of dietary zinc on performance, nutrient digestibility and plasma zinc status in Cashmere goats. Small Ruminant Research, 80: 68-72.

Kathirvelan, C. and Balakrishnan, V. 2008. Effect of supplemental zinc at 10 ppm on apparent, true digestibility, microbial biomass production and exploring means to overcome ill effects in cattle. Trends in Applied Science Research, 3(1): 103–108.

Kennedy, D.W., Craig, W. M. and Southern, L. L. 1993. Ruminal distribution of zinc in steers fed a polysaccharide-zinc complex or zinc oxide. Journal of Animal Science, 71(5): 1281-1287.

Kinal, S., Press, J., Gediga, K. and Ciesla, G. 1996. Absorption of zinc and copper in dry cows. In: Proceedings of the VIIIth Symposium Microelement in Agriculture. Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych, 434: 723–727.

Maan, N. S. and Sihag, S. 2014. Growth, nutrient utilization and zinc status in goats as affected by supplementary zinc sources. Indian Journal of Animal Nutrition, 31(3):227–231.

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

Malakouti Rad, M. J., Saleh Rastin, N. and Afshari. M. 2002. Forgotten of zinc deficiency within the life cycle of plants, animals and human. Publications Senate, Tehran, Iran. 310 pp.

McDowell, L. R. 1992. Minerals in Animal and Human Nutrition. Academic Press Inc., San Diego, CA, USA, pp. 265–293.

Najafi, S., Tabatabaei, M. M., Zaboli, K., Ahmadi, A. and Saki, A. A. 2017. Interaction between barley grain processing and source of dietary nitrogen on digestibility, nitrogen metabolism and microbial protein synthesis in Mehraban sheep. Animal Production Research, 6(1): 39-51. (In Persian).

National Research Council. 1985. Nutrient Requirements of Sheep (5th ed). National Academy of Sciences, Washington, DC.

National Research Council. 2007. Nutrient requirements of small ruminants. National Academy Press, Washington, DC.

Ott, E. A., Smith, W. H., Harrington, R. B., Stob, M., Parker, H. E. and Beeson, W. M. 1966. Zinc toxicity in ruminants. III Physiological changes in tissues and alterations in rumen metabolism in lambs. Journal of Animal Science, 25(2): 424-431.

Salama Ahmed, A. K., Cajat, G., Albanell, E., Snch, X. and 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.

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

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

Vansoest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3583-3587.

VanValin, K., Genther-Schroeder, O., Carmichael, R., Blank, C., Deters, E., Hartman, S., Niedermayer, E., Laudert, S. and Hansen, S. 2018. Influence of dietary zinc concentration and supplemental zinc source on nutrient digestibility, zinc absorption, and retention in sheep. Journal of Animal Science, 96: 5336–5344.

Vázquez-Armijo, J. F., Daniel Lopez, J. J. M. T. and Rolando Rojo, A. F. Z. M. S. 2011. *In vitro* gas production and dry matter degradability of diets consumed by goats with or without copper and zinc supplementation. Biological Trace Element Research, 144: 580–587.

Wang, L., Zhang, G., Li, Y. and Zhang, Y. 2020. Effects of high forage/concentrate diet on volatile fatty acid production and the microorganisms involved in VFA production in cow rumen. Animals, 10(223): 1-12.

Wang, R. L., Liang, J. G., Lu, L., Zhang, L. Y., Li, S. F. and Luo, X. G. 2013. Effect of zinc source on performance, zinc status, immune response, and rumen fermentation of lactating cows. Biological Trace Element Research, 152(1): 16-24.

Zaboli, K. and Aliarabi, H. 2013. Effect of different levels of zinc oxide nano particles and zinc oxide on some ruminal parameters by *in vitro* and *in vivo* methods. Animal Production Research, 2(1):1- 14. (In Persian).

Zaboli, Kh., Aliarabi, h., Tabatabai, M. M., Bahari, A. A. and Zarei ghane, Z. 2013. Effect of zinc oxide nano particle and zinc oxide on performance and some blood parameters in male Markhoz goat kids. Animal Production Research, 2 (2): 29-41. (In Persian).