



دانشگاه علوم دامی و منابع طبیعی ارومیه

نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان

جلد نهم، شماره چهارم، ۱۴۰۰

<http://ejrr.gau.ac.ir>

۱۹-۲۲

DOI: 10.22069/ejrr.2021.18983.1786

## تأثیر منابع معدنی، آلی و نانو روی بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بره‌های سنجابی

بهاره صوفی<sup>۱</sup>، یونس علی علی‌جو<sup>۲\*</sup>، حسن خمیس‌آبادی<sup>۳</sup> و زینب خوب‌بخت<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی دکتری و <sup>۲</sup>دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه،

<sup>۳</sup>دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات علوم دامی مرکز تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی،

<sup>۴</sup>سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران،

<sup>۵</sup>دکتری فیزیولوژی دام و طیور دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۴

### چکیده

**سابقه و هدف:** عنصر روی یکی از مهم‌ترین و ضروری‌ترین عناصر کم‌مصرف بوده که در بسیاری از فرآیندهای زیستی مانند فعالیت آنزیم‌ها و هورمون‌ها، پایداری غشاهای سلولی، بیان ژن، تقسیم سلولی و دفاع آنتی‌اکسیدانی نقش حیاتی دارد. این ماده معدنی از نظر کمیت پس از آهن دومین عنصر کمیاب موجود در بدن است و به‌طور ضعیفی در بافت‌های بدن ذخیره می‌شود لذا مصرف مداوم آن در جیره غذایی برای حفظ عملکردهای طبیعی و فیزیولوژیکی ضروری است؛ بنابراین، این آزمایش با هدف مقایسه اثرات مکمل کردن شکل‌های نانو (نانوآکسیدروی)، آلی (روی پلی‌ساکارید) و معدنی (سولفات روی) عنصر کم‌مصرف روی بر عملکرد، وضعیت آنتی‌اکسیدانی و برخی فراسنجه‌های خونی بره‌های در حال رشد نژاد سنجابی انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** این پژوهش بر روی تعداد ۲۰ رأس بره نر سنجابی (سن تقریبی ۴/۵ ماه و میانگین وزن  $29/55 \pm 1/1$  کیلوگرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد تیمارها شامل (۱) گروه شاهد (جیره غذایی پایه فاقد مکمل روی)، (۲) گروه سولفات روی، (۳) گروه روی پلی‌ساکارید (۴) گروه نانو اکسید روی و مقدار روی اضافه‌شده در هر گروه آزمایشی ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک بود. جیره غذایی به‌صورت آزاد و در دو نوبت صبح و عصر به مدت ۶۰ روز در اختیار بره‌ها قرار گرفت. به‌منظور بررسی عملکرد رشد، وزن‌کشی در ابتدای آزمایش و سپس با فواصل ۱۵ روزه انجام شد. جهت تعیین مقدار ماده‌خشک مصرفی، میزان خوراک داده‌شده و پسماند آن برای هر دام به‌صورت روزانه اندازه‌گیری شد. همچنین جهت اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی و وضعیت آنتی‌اکسیدانی، خون‌گیری در روز اول، ۳۰ و ۶۰ آزمایش انجام شد.

**یافته‌ها:** استفاده از مکمل روی به شکل‌های مختلف تأثیری بر عملکرد رشد بره‌ها نداشت ( $P > 0/05$ ). استفاده از ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده‌خشک جیره به شکل‌های مختلف سبب افزایش معنی‌دار روی پلاسما نسبت به گروه شاهد شد ( $P < 0/05$ )، ولی تأثیر معنی‌داری بر غلظت مس و آهن پلاسما و کلسیم و فسفر سرم خون نداشت. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گروه‌های مکمل شده با عنصر روی افزایش یافت ( $P < 0/05$ ). علی‌رغم کاهش شاخص مالون‌دی‌آلدئید سرم در گروه‌های مکمل

\*نویسنده مسئول: [y.alijoo@urmia.ac.ir](mailto:y.alijoo@urmia.ac.ir)

شده با روی نسبت به تیمار شاهد این اختلاف تنها در گروه نانو اکسید روی معنی دار بود ( $P < 0/05$ ). استفاده از شکل‌های مختلف عنصر روی تأثیری بر ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی نداشت.

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد، صرف‌نظر از شکل منبع روی، افزودن ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده-خشک، به جیره پایه بره‌های در حال رشد، سبب بهبود وضعیت روی پلاسما و افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز شد، درحالی‌که استفاده از نانو روی در کاهش شاخص مالون‌دی‌آلدئید، نسبت به سایر شکل‌های روی (معدنی و آلی) مؤثرتر بود.

**واژه‌های کلیدی:** بره سنجابی، روی، عملکرد رشد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی

### مقدمه

عنصر روی یکی از مهم‌ترین و ضروری‌ترین عناصر کم‌مصرف بوده که در بسیاری از فرآیندهای زیستی مانند فعالیت آنزیم‌ها و هورمون‌ها، پایداری غشاهای سلولی، بیان ژن، تقسیم سلولی و دفاع آنتی‌اکسیدانی نقش حیاتی دارد (۴، ۱۶، ۴۱ و ۴۲). این عنصر برای انسجام ساختاری و عملکردی بیش از ۲۰۰۰ فاکتور رونویسی و ۳۰۰ آنزیم موردنیاز است. از این رو، تقریباً همه مسیرهای متابولیکی به‌نوعی حداقل به یکی از پروتئین‌های وابسته به روی مرتبط هستند (۳۰، ۳۶ و ۴۰). بالاترین مقادیر عنصر روی در کبد و عضلات اسکلتی یافت می‌شود. بااینکه این ماده معدنی از نظر کمیت پس از آهن دومین عنصر کمیاب موجود در بدن است به‌طور ضعیفی در بافت‌های بدن ذخیره می‌شود و مصرف مداوم آن در جیره غذایی برای حفظ عملکردهای طبیعی و فیزیولوژیکی ضروری است (۴۱ و ۴۸). کمبود روی بر متابولیسم پروتئین و کربوهیدرات در حیوانات اثر منفی داشته و منجر به کاهش مصرف خوراک و افزایش ضریب تبدیل، رشد ضعیف، اختلال در فرآیندهای ایمنی و تولیدمثلی، مشکلات اسکلتی و پوست، افزایش بیماری و تلفات و همچنین افزایش استرس اکسیداتیو می‌شود (۱۷، ۲۵، ۳۶ و ۴۰). بر اساس توصیه انجمن ملی تحقیقات آمریکا، بره‌ها در محدوده وزنی ۳۰ تا ۵۰ کیلوگرم با افزایش وزن حدود ۲۵۰ گرم در روز، روزانه به ۲۸ تا ۴۹ میلی‌گرم روی نیاز دارند (۲۷).

با این حال، وضعیت خاک و غلظت روی در گیاهان منطقه پرورش بر میزان دریافت این عنصر توسط دام تأثیر بسزایی دارد (۴۰). بیش از ۸۰ درصد خاک‌های قابل کشت در ایران کمبود روی دارند. از دلایل اصلی این کمبود می‌توان به خاک‌های آهکی (pH ۷/۷-۸/۲)، محتوای کم مواد آلی خاک، خشک‌سالی به‌دلیل بارندگی کم سالانه، غلظت زیاد بی‌کربنات در آب آبیاری، مصرف بی‌رویه و فراوان کودهای فسفاتی و عدم رواج مصرف کودهای محتوی روی اشاره کرد؛ بنابراین، گیاهانی که در این خاک‌ها رشد کرده و به‌عنوان خوراک دام مصرف می‌شوند با کمبود این عنصر مواجه هستند (۵ و ۲۱). برای جبران این کاستی، معمولاً روی به شکل نمک‌های معدنی مانند اکسید روی، سولفات روی و کلرید روی به جیره‌های غذایی حیوانات افزوده می‌شود (۱۲). همچنین امروزه استفاده از منابع آلی عناصر معدنی در تغذیه دام افزایش یافته است (۴) که به‌نظر می‌رسد به‌دلیل زیست‌فراهمی بیشتر اشکال آلی در مقایسه با شکل‌های معدنی است (۴۹) علاوه بر این، در سال‌های اخیر نانو‌اکسیدروی با هدف دستیابی به ویژگی‌های بهتر از نظر حلالیت و زیست‌فراهمی بیشتر روی، بدون ایجاد سمیت، مورد توجه قرار گرفته است (۱۶). مطالعات پیشین نشان داده است که فعل‌وانفعالات شیمیایی نانو ذرات مواد معدنی با مولکول‌های آلی و معدنی به‌دلیل ویژگی‌های جدیدشان مانند کاهش اندازه ذرات، افزایش نسبت

گیوان شیمی؛ خلوص ۳۴ درصد)، (۳ گروه روی پلی ساکارید (جیره غذایی پایه به علاوه روی- پلی ساکارید (SQM Zn-polysaccharide؛ شرکت کوالیتک؛ خلوص ۲۲ درصد)، (۴ گروه نانو اکسید روی (جیره غذایی پایه به علاوه نانو اکسید روی (Nano zinc oxide؛ شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان؛ خلوص ۹۹ درصد و اندازه ذرات ۱۰-۳۰ نانومتر)). مقدار روی اضافه شده در هر گروه آزمایشی ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک بود. تغذیه و نگهداری دامها در جایگاه‌های انفرادی و مطابق با دستورالعمل‌های سازمان دامپزشکی انجام شد. جیره غذایی به صورت آزاد و در دو نوبت (۸ صبح و ۱۷ عصر) به مدت ۶۰ روز در اختیار بره‌ها قرار گرفت. مکمل‌ها به صورت مخلوط با بخشی از کنسانتره قبل از خوراک‌دهی نوبت صبح به بره‌ها تغذیه شدند.

**اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی خوراک:** جهت تعیین ترکیب شیمیایی اجزای جیره (ماده خشک، پروتئین- خام، عصاره‌اتری، کلسیم و فسفر) از روش انجمن رسمی شیمی دانان کشاورزی<sup>۱</sup> استفاده شد (۶). فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و فیبر نامحلول در شوینده‌خنثی نیز به روش ون سوست و همکاران تعیین شد (۴۳). همچنین جهت اندازه‌گیری غلظت روی، مس و آهن در نمونه‌های خوراک از دستگاه جذب اتمی<sup>۲</sup> استفاده شد (۳۲).

**بررسی عملکرد رشد:** به منظور بررسی تغییرات وزن زنده، وزن‌کشی در ابتدای آزمایش و سپس با فواصل ۱۵ روزه با اعمال محدودیت غذایی ۱۲ تا ۱۴ ساعته انجام شد. جهت تعیین مقدار ماده خشک مصرفی، میزان خوراک داده شده و پسماند آن برای هر دام به صورت روزانه اندازه‌گیری شد.

سطح به حجم و فعالیت سطحی بالاتر به طور متفاوتی صورت می‌گیرد (۳۳ و ۴۱). با این حال، از آنجاکه اثرات این مواد در بسیاری از جهات بر بدن دام‌ها ناشناخته است، بررسی‌های بیشتر اثرات احتمالی آن‌ها بر حیوانات ضروری است. علاوه بر موارد ذکر شده، نتایج حاصل از مقایسه زیست‌فراهمی منابع مختلف عنصر روی در نشخوارکنندگان متفاوت بوده (۳۹) و نتایج مختلفی از مکمل کردن این عنصر بر شاخص‌هایی مانند عملکرد (۴، ۱۹، ۲۲ و ۲۳) غلظت روی خون و اثر متقابل آن با سایر عناصر (۱۱، ۲۴ و ۳۹) و وضعیت آنتی‌اکسیدانی (۲۴ و ۲۶) به دست آمده است.

بنابراین، این آزمایش باهدف مقایسه اثرات مکمل کردن شکل‌های نانو (نانو اکسید روی)، آلی (روی پلی ساکارید) و معدنی (سولفات روی) عنصر کم مصرف روی بر عملکرد، وضعیت آنتی‌اکسیدانی و برخی فراسنجه‌های خونی بره‌های در حال رشد نژاد سنجابی انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی مهرگان (مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه) بر روی تعداد ۲۰ رأس بره نر سنجابی با سن تقریبی ۴/۵ ماه و میانگین وزن  $29/55 \pm 1/1$  کیلوگرم انجام شد. جیره غذایی پایه فاقد مکمل روی بر اساس توصیه انجمن تحقیقات ملی آمریکا (۲۵) تنظیم شد (جدول ۱). پس از یک دوره عادت‌پذیری ۲ هفته‌ای به جیره پایه، بره‌ها به طور تصادفی به ۴ گروه تقسیم شدند: (۱) گروه شاهد (جیره غذایی پایه فاقد مکمل روی)، (۲) گروه سولفات روی (جیره غذایی پایه به علاوه سولفات روی (ZnSO<sub>4</sub>؛ شرکت

1. AOAC  
2. PERKIN ELMER- USA

جدول ۱- اجزا تشکیل دهنده و ترکیبات مغذی در جیره پایه

**Table 1- Ingredient and nutrient composition of the basal diets.**

| درصد از ماده خشک<br>% of DM | Ingredient of diet            | اجزا جیره                                  |
|-----------------------------|-------------------------------|--|
| 30.0                        | Alfalfa hay                   | یونجه                                      |
| 35.0                        | Corn grain                    | ذرت  |
| 25.0                        | Barley grain                  | جو   |
| 8.0                         | Soybean meal                  | کنجاله سویا                                |
| 0.5                         | Vit&Min mixture without zinc  | مکمل ویتامینی معدنی بدون روی               |
| 0.4                         | Calcium carbonate             | کربنات کلسیم                               |
| 0.5                         | Salt                          | نمک  |
| 0.6                         | Urea                          | اوره                                       |
| Chemical composition        |                               | ترکیب شیمیایی                              |
| 90.33                       | Dry matter (%)                | ماده خشک (درصد)                            |
| 14.89                       | Crude protein (%DM)           | پروتئین خام (درصد)                         |
| 2.34                        | Ether extract (%DM)           | چربی خام (درصد)                            |
| 26.88                       | Neutral detergent fiber (%DM) | فیبر نامحلول در شوینده خشی (درصد)          |
| 16.48                       | Acid detergent fiber (%DM)    | فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)        |
| 2.76                        | Metabolizable Energy(Mcal/Kg) | انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری / کیلوگرم) |
| 0.63                        | Calcium (%DM)                 | کلسیم (درصد)                               |
| 0.34                        | Phosphorus (%DM)              | فسفر (درصد)                                |
| 24.52                       | Zinc (mg/kg DM)               | روی (میلی گرم / کیلوگرم ماده خشک)          |
| 9.8                         | Copper (mg/kg DM)             | مس (میلی گرم / کیلوگرم ماده خشک)           |
| 135.20                      | Iron (mg/kg DM)               | آهن (میلی گرم / کیلوگرم ماده خشک)          |

انرژی قابل متابولیسم بر اساس جدول نیازهای غذایی انجمن تحقیقات ملی (۲۰۰۷) محاسبه گردید.

Metabolizable energy were calculated based on NRC (2007)

مقادیر تأمین شده عناصر کم نیاز (به صورت میلی گرم در هر کیلوگرم) و ویتامین ها (به صورت واحد بین المللی در هر کیلوگرم) جیره پایه از طریق ۵ گرم مکمل ویتامینی معدنی: ۱۰۸ میلی گرم منگنز از منبع سولفات منگنز، ۳۰۴۷ میلی گرم مس از منبع سولفات مس، ۰۳۵ میلی گرم روی از منبع یدات کلسیم، ۰۲۱ کبالت از منبع سولفات کبالت، ۰۱ میلی گرم سلنیم از منبع سدیم سلنیت، ۵۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین آ، ۴۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین د ۳ و ۲۰ واحد بین المللی ویتامین ای.

Trace minerals (mg/kg) and vitamin (IU/kg) provided of basal diet via 5 gr MIN&VIT mix: 10.8 mg of Mn as MnSO<sub>4</sub>, 3.47 mg of Cu as CuSO<sub>4</sub>, 0.35 mg of I as Ca (IO<sub>3</sub>)H<sub>2</sub>O, 0.21 mg of Co as CoSO<sub>4</sub>, 0.1 mg of Se as NaSeO<sub>3</sub>, 5000 IU Vit A, 400 IU Vit D<sub>3</sub> and 20 IU Vit E.

لوله بدون ماده ضد انعقاد جهت استخراج سرم بود. نمونه های خون جمع آوری شده، با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ و پلاسما و سرم آن ها جدا شد و تا زمان اندازه گیری فراسنجه های خونی در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

غلظت روی، آهن و مس پلاسما توسط دستگاه جذب اتمی تعیین شد (۳۱). غلظت کلسیم و فسفر در سرم و با استفاده از کیت های شرکت پارس آزمون

تعیین فراسنجه های خونی: به منظور بررسی فراسنجه های خونی، از تمام بره ها در روزهای صفر، ۳۰ و ۶۰ قبل از غذادهی نوبت صبح و با اعمال محدودیت غذایی ۱۴-۱۲ ساعته از ورید و داج خون گیری شد. نمونه های مربوط به هر دام در هر روز در دو لوله آزمایش مجزا جمع آوری شد. یک لوله حاوی ماده ضد انعقاد<sup>۱</sup> جهت استخراج پلاسما و یک

1. Ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA)

میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده شد.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + E_{aik} + B_j + AB_{ij} + Eb_{ijk}$$

در این مدل  $Y_{ijk}$  مشاهده مربوط به تیمار  $i$  و زمان اندازه‌گیری  $j$  در تکرار  $k$ ،  $\mu$  میانگین کلی مشاهده‌ها،  $A_i$  اثر تیمار  $i$ ،  $E_{aik}$  اشتباه اصلی،  $B_j$  اثر زمان اندازه‌گیری  $j$ ،  $AB_{ij}$  برهمکنش تیمار  $i$  و زمان اندازه‌گیری  $j$  و  $Eb_{ijk}$  اشتباه فرعی هستند.

### نتایج و بحث

**عملکرد رشد:** طبق نتایج به دست آمده در جدول ۲، افزودن عنصر روی از منابع معدنی، آلی و نانو تفاوت آماری معنی‌داری را در افزایش وزن روزانه، خوراک مصرفی و ضریب تبدیل غذایی بین تیمارهای دریافت‌کننده روی و شاهد ایجاد نکرد ( $P > 0/05$ ). روی در بسیاری از عملکردهای فیزیولوژیکی مانند کنترل اشتها و رشد حیوانات نقش مهمی دارد (۴۰). کاهش رشد مرتبط با کمبود روی ممکن است به دلیل کاهش اشتها، استفاده ناقص از مواد مغذی و اختلالات در متابولیسم پروتئین و انرژی باشد (۳۶).

نتایج حاصل از مطالعات پیشین تفاوت معنی‌داری در افزایش وزن روزانه، خوراک مصرفی و ضریب تبدیل غذایی در گوساله‌های پرورشی دریافت‌کننده ۳۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به شکل سولفات و پروپیونات روی نسبت به گروه شاهد مشاهده نکردند (۲۳). همچنین افزودن ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به شکل سولفات و پروتئینات روی به جیره پایه گوساله‌های هلشتاین تأثیری بر رشد، مصرف ماده خشک و کارایی خوراک نداشت (۴۵). در مطالعه دیگری بر روی بزغاله‌های نر مرغوز نتایج نشان داد که استفاده از جیره پایه حاوی ۲۲/۱۲ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک تفاوت آماری معنی‌داری در مصرف خوراک، اضافه‌وزن روزانه و کارایی خوراک نسبت به گروه‌های مکمل شده با نانو

مطابق با دستورالعمل سازنده کیت و توسط دستگاه اسپکتوفتومتر<sup>۱</sup> انجام شد. سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در خون و ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی سرم با استفاده از کیت‌های رانسل (شرکت رندوکس، کشور انگلستان) مطابق با دستورالعمل سازنده کیت و توسط دستگاه اسپکتوفتومتر انجام شد. جهت سنجش میزان پراکسیداسیون لیپید اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید در نمونه‌های سرم انجام شد (۴۶).

### تجزیه و تحلیل آماری

این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ با استفاده از رویه GLM تجزیه و تحلیل شدند و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده شد.

برای میانگین وزن زنده در انتهای دوره و افزایش وزن روزانه، وزن زنده اولیه به‌عنوان متغیر کمکی (کواریت) در نظر گرفته شد اما با توجه به عدم معنی‌داری در مدل آماری استفاده نشد.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta(X_{ij} - \bar{X}) + e_{ij}$$

در این مدل  $Y_{ij}$  مشاهده تیمار  $i$  ام در تکرار  $j$  ام،  $\mu$  میانگین مشاهده‌ها،  $T_i$  اثر تیمار  $i$  ام،  $\beta$  ضریب تابعیت صفت مورد بررسی ( $Y$ ) از متغیر همبسته ( $X$ )،  $X_{ij}$  مقدار متغیر همبسته در واحد آزمایشی مربوط به تکرار  $j$  ام تیمار  $i$  ام،  $\bar{X}$  میانگین همه مشاهده‌های متغیر همبسته و  $e_{ij}$  اشتباه آزمایشی مربوط به تکرار  $j$  ام تیمار  $i$  ام هستند.

داده‌های مربوط به صفاتی که اندازه‌گیری آن‌ها در زمان‌های مختلف تکرار شدند با استفاده از رویه GLM و به صورت اندازه‌گیری‌های تکرار شده در واحد زمان، تجزیه و تحلیل شدند؛ و برای مقایسه

با اکسید روی معنی‌دار بود (۱۵). نتایج متناقض به‌دست‌آمده در مطالعات مبتنی بر مواد معدنی کم‌مصرف را می‌توان به غلظت عنصر در جیره غذایی پایه، مشخصات شیمیایی منابع مورد استفاده، نوع و مرحله فیزیولوژیکی دام‌های مورد مطالعه، شرایط خوراک و محیط مرتبط دانست که بر جذب و متابولیسم عناصر معدنی کم‌مصرف تأثیرگذار است (۲، ۴ و ۱۵). بر اساس جداول انجمن ملی تحقیقات آمریکا میزان نیاز به عنصر روی در بره‌های با وزن ۳۰ تا ۵۰ کیلوگرم با افزایش وزن روزانه حدود ۲۵۰ گرم در روز، ۲۸ تا ۴۹ میلی‌گرم در روز است (۲۷). این در حالی است که بره‌های گروه شاهد روزانه حدود ۳۲ میلی‌گرم روی دریافت کرده‌اند بنابراین به نظر می‌رسد عدم تأثیر مکمل کردن عنصر روی بر عملکرد رشد و مصرف خوراک در بره‌ها در مطالعه حاضر به این دلیل بوده که مقدار تأمین شده عنصر روی از طریق جیره پایه، حداقل نیاز توصیه‌شده به این عنصر را برای دام‌ها فراهم کرده است.

اکسید روی و اکسید روی در سطوح ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک ایجاد نکرد (۴۷). در مقابل، افزودن مکمل روی از منابع مختلف به میزان ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک به جیره پایه بره‌های نر (حاوی ۲۲/۴۷ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک)، سبب بهبود افزایش وزن و کارایی خوراک نسبت به گروه شاهد شد، هرچند بین گروه‌های مکمل شده با روی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (۱۱). در پژوهش دیگری در بره‌ها استفاده از ۲۰ میلی‌گرم متیونین روی در کیلوگرم ماده خشک، سبب افزایش وزن روزانه بیشتر و بهبود ضریب تبدیل در مقایسه با گروه مکمل شده با سولفات روی و شاهد شد (۱۲). در مقایسه با رژیم غذایی فاقد روی، مکمل کردن روی به میزان ۳۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک به ترتیب در جیره غذایی می‌ش‌ها در دوره قبل و بعد از زایش صرف‌نظر از شکل آن، اثر فزاینده‌ای بر ماده خشک مصرفی داشت. در بین گروه‌های دریافت‌کننده روی نیز تأثیر نانو اکسید روی در مقایسه

جدول ۲- اثر افزودن روی بر عملکرد بره‌ها در تیمارهای مختلف

Table 2- Effect of zinc supplementation on performance of lambs in different treatments

| p-value | SEM    | تیمارها               |   |                            |                 | فراسنجه‌ها<br>Parameters  |
|---------|--------|-----------------------|---|----------------------------|-----------------|---|
|         |        | روی نانو<br>Zinc nano | روی- پلی ساکارید<br>Zinc polysaccharide | روی سولفات<br>Zinc sulfate | شاهد<br>Control |   |
| 0.619   | 0.593  | 30.13                 | 29.00                                   | 29.63                      | 29.45           | وزن اولیه (کیلوگرم)<br>Initial Body Weight (kg)                               |
| 0.530   | 0.936  | 43.40                 | 43.25                                   | 44.91                      | 43.18           | وزن نهایی (کیلوگرم)<br>Final Body Weight (kg)                                 |
| 0.214   | 10.970 | 221.25                | 237.50                                  | 254.79                     | 228.75          | میانگین افزایش وزن روزانه (گرم در روز)<br>Average Daily Gain (gr /day)        |
| 0.455   | 0.063  | 1.32                  | 1.39                                    | 1.43                       | 1.31            | میانگین ماده خشک مصرفی (کیلوگرم در روز)<br>Average Dry Matter Intake (kg/day) |
| 0.221   | 0.155  | 6.11                  | 5.86                                    | 5.65                       | 5.72            | ضریب تبدیل<br>Feed Conversion Ratio   |

حروف متفاوت در هر ردیف از هر بخش بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) است.

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

مکمل سبب افزایش معنی‌دار میزان روی پلاسما در گروه‌های دریافت‌کننده عنصر روی نسبت به گروه

فراسنجه‌های خونی: روی: همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، افزودن عنصر روی به‌صورت

روی اختلاف معنی داری مشاهده نشده است (۰/۰۵). گزارش شده است که میزان روی پلاسما در بره‌های مصرف کننده روی به شکل متیونین روی نسبت به سولفات روی بالاتر است که دلیل این موضوع زیست‌فراهمی بیشتر روی آلی نسبت به منابع معدنی است (۱۲). در مطالعه حاضر، سطح بالاتر روی پلاسما در گروه‌های دریافت کننده مکمل روی در مقایسه با گروه شاهد نشان دهنده ناکافی بودن یا سطوح حاشیه‌ای روی در جیره پایه مصرفی بره‌های در حال رشد است و افزودن ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک خوراک از منابع آلی، نانو و معدنی باعث افزایش میزان روی پلاسما شده است.

شاهد شد (۰/۰۵ < P). هرچند اختلاف آماری معنی داری در غلظت روی پلاسما بین گروه‌های دریافت کننده منابع مختلف عنصر روی (معدنی، آلی و نانو) مشاهده نشد (۰/۰۵ > P). غلظت روی در پلاسما یا سرم بیشترین شاخص مورد استفاده برای وضعیت روی بدن است، در جیره‌هایی که دارای سطوح کم یا حاشیه‌ای روی هستند به طور معمول غلظت روی پلاسما، به افزودن عنصر روی به جیره پاسخ می‌دهد (۴). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که مصرف مکمل روی می‌تواند غلظت روی پلاسما را در بره‌ها (۴ و ۱۱)، بزهای کشمیر (۱۹) و گوساله‌های شیرخوار (۲۰) افزایش دهد؛ اما در غلظت روی پلاسمای گوساله‌های نر تغذیه شده با سولفات و پروپیونات

جدول ۳- اثر افزودن روی بر پروفیل مواد معدنی بره‌ها در تیمارهای مختلف

**Table 3. Effect of zinc supplementation on blood mineral profile of lambs in different treatments**

| تیمار × زمان<br>Treatment × Time | زمان<br>Time | تیمار<br>Treatment | SEM   | تیمارها<br>Treatments |  |                            |                   | فراسنج‌ها<br>Parameters |
|----------------------------------|--------------|--------------------|-------|-----------------------|--|----------------------------|-------------------|-------------------------|
|                                  |              |                    |       | روی نانو<br>Zinc nano | روی - پلی ساکارید<br>Zinc polysaccharide | روی سولفات<br>Zinc sulfate | شاهد<br>Control   |                         |
| 0.076                            | 0.0003       | 0.010              | 0.058 | 1.21 <sup>a</sup>     | 1.18 <sup>a</sup>                        | 1.17 <sup>a</sup>          | 0.95 <sup>b</sup> | روی پلاسما<br>Zn(mg/L)  |
| 0.354                            | 0.459        | 0.096              | 0.042 | 1.04                  | 1.19                                     | 1.14                       | 1.12              | مس پلاسما<br>Cu(mg/L)   |
| 0.670                            | 0.068        | 0.495              | 0.101 | 1.78                  | 1.88                                     | 1.96                       | 1.99              | آهن پلاسما<br>Fe(mg/L)  |
| 0.945                            | 0.654        | 0.322              | 0.193 | 10.03                 | 10.42                                    | 10.50                      | 10.20             | کلسیم سرم<br>Ca(mg/dL)  |
| 0.976                            | 0.468        | 0.574              | 0.122 | 7.99                  | 7.93                                     | 7.85                       | 7.76              | فسفر سرم<br>P(mg/dL)    |

حروف متفاوت در هر ردیف از هر بخش بیانگر اختلاف آماری معنی دار (P<0/05) است.

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

آلی و نانو اثر آماری معنی داری بر سطح مس پلاسما نداشت (۰/۰۵ > P). غلظت مس در خون

مس: بر اساس جدول ۳، افزودن روی به مقدار ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک به شکل‌های معدنی،

مشاهده نکردند. در حالیکه در مطالعه دیگری در بره‌های نر در حال رشد، با افزودن ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به شکل‌های آلی و معدنی به جیره پایه حاوی ۳۴ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک، کاهش میزان آهن پلازما در تیمارهای مکمل شده با اشکال آلی و معدنی روی نسبت به تیمار شاهد را گزارش کردند (۱۲). تفاوت در پاسخ به مکمل کردن روی ممکن است به دلیل سطح بالاتر روی در جیره غذایی پایه آن‌ها در مقایسه با مطالعه حاضر باشد (به ترتیب ۳۴ در مقابل ۲۴.۵۲).

**کلسیم و فسفر:** طبق نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۳، استفاده از مکمل‌های مختلف روی تأثیری بر غلظت سرمی کلسیم و فسفر ایجاد نکرد ( $P > 0.05$ ). غلظت کلسیم سرم در نشخوارکنندگان در دامنه ۸ تا ۱۲ میلی‌گرم در دسی لیتر و غلظت فسفر سرم در دام‌های در حال رشد در محدوده ۶ تا ۹ میلی‌گرم در دسی لیتر قرار دارد (۲۷) که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد. مطابق با نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر در دیگر مطالعات، شکل‌های مختلف مکمل روی تأثیر معنی‌داری بر سطح کلسیم خون در بره‌های در حال رشد (۴، ۱۱ و ۱۲) فسفر معدنی در بره‌های در حال رشد (۴ و ۱۲) و کلسیم و فسفر خون در میش‌های دوره انتقال نداشت (۱۵). برخلاف نتایج پژوهش حاضر مکمل کردن جیره غذایی پایه با عنصر روی از منبع اکسید روی، غلظت کلسیم و فسفر معدنی پلازما را در بزها کاهش داد (۲۹). روی یک فلز دو ظرفیتی است و غلظت بیش‌ازحد روی در رژیم غذایی ممکن است با جذب سایر فلزات دو ظرفیتی مانند کلسیم، آهن و مس به‌عنوان آنتاگونیست رقابت کند؛ و در جذب این عناصر تداخل ایجاد کند و در نتیجه، مقدار این عناصر در خون تغییر می‌کند (۱۴ و ۴۰).

نشخوارکنندگان در محدوده ۱/۵-۰/۸ میلی‌گرم در لیتر قرار دارد (۲۷)، که نتایج حاصل از این مطالعه نیز در این دامنه قرار دارد. در مطالعات پیشین در گاوهای گوشتی اختلاف معنی‌داری در غلظت مس سرم با مصرف ۳۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک از منابع مختلف (سولفات روی، روی آمینواسید و روی پلی‌ساکراید) گزارش نکردند (۲۲). همچنین، هیچ تأثیر قابل‌توجهی بر غلظت مس در خون بره‌ها (۴)، میش‌های پیرامون زایش (۱۵)، گوساله‌ها در قبل و بعد از شیرگیری (۱) و بزغاله‌های مرغوز (۴۷) با مصرف شکل‌های مختلف عنصر روی مشاهده نشد؛ اما با مصرف ۲۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم اکسید روی در رژیم غذایی پایه گوساله‌های نر گاو همیشه سطح مس سرم کاهش یافت که دلیل آن را به مصرف سطح بسیار بالای مکمل روی و اثر آنتاگونیستی آن بر متابولیسم مس مرتبط دانستند (۷)؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت؛ علی‌رغم وجود رابطه آنتاگونیستی بین روی و مس، در پژوهش حاضر، سطح ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک اختلالی در جذب مس ایجاد نکرد. این بدان دلیل است که عنصر روی بر جذب سایر مواد معدنی در جیره غذایی نشخوارکنندگان در سطح چندین برابر توصیه‌شده می‌تواند تأثیرگذار باشد، زیرا سطوح بالای روی اولین محرک سنتز متالوتیونین در سلول‌های انتروسیت است، و با افزایش میزان روی، القا سنتز تیونین از طریق عملکرد روی بر فاکتورهای رونویسی وابسته به روی و تشکیل متالوتیونین صورت می‌گیرد که بر جذب روی و مس اثرگذار است (۱۴ و ۴۰).

**آهن:** بر اساس جدول ۳، اشکال مختلف مکمل‌های روی تأثیر معنی‌داری بر میزان آهن پلازما نداشتند ( $P > 0.05$ ). در همین راستا نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات انجام‌شده با مکمل‌های معدنی و آلی روی در بره‌ها (۳) و بز (۱۹) تأثیری بر غلظت آهن پلازما



گروه دریافت‌کننده نانو اکسید روی نسبت به گروه شاهد تفاوت معنی‌داری داشت ( $P < 0/05$ ). مالون‌دی‌آلدئید یکی از محصولات نهایی پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع در سلول‌هاست و به‌عنوان یک مولکول سمی، نشانگر استرس اکسیداتیو است (۱۳). استرس اکسیداتیو ناشی از عدم تعادل بین تولید گونه‌های فعال اکسیژن و ظرفیت خنثی‌سازی مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی در بافت‌ها و خون است (۲۸). استرس اکسیداتیو منجر به آسیب پراکسیداتیو لیپیدها و سایر ماکرومولکول‌ها و در نتیجه تغییر غشای سلولی و تغییر ساختار و عملکرد سایر اجزای سلولی و در نهایت منجر به آسیب بافتی و بیماری‌های التهابی می‌شود (۸، ۱۰ و ۱۷). عنصر روی به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان با جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدها از سلول‌ها در برابر اثرات مخرب گونه‌های فعال اکسیژن محافظت می‌کند (۲۶). در رابطه با تأثیر مکمل کردن عنصر روی بر شاخص مالون‌دی‌آلدئید، در مطالعات پیشین، استفاده از ۲۰ یا ۴۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک جیره بره‌ها به شکل آلی سبب کاهش شاخص مالون‌دی‌آلدئید شد (۳۵). در مطالعه دیگری استفاده از سطوح ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم روی به شکل‌های آلی و معدنی در جیره بره‌ها اثری در کاهش شاخص مالون‌دی‌آلدئید نسبت به گروه شاهد نداشت (۲۶).

**ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی<sup>۱</sup>:** طبق نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۴، مکمل کردن عنصر روی تفاوت آماری معنی‌داری در ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی سرم در بین تیمارهای مختلف ایجاد نکرد ( $P > 0/05$ ). ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی سرم شاخصی است که موازنه بین پراکسیدان‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها را نشان می‌دهد (۹). افزایش این شاخص نشانه افزایش مقاومت ارگانیزم‌های زنده در برابر تنش‌های اکسیداتیو است

**سوپراکسیددیسموتاز:** مطابق نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۴، فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در گروه‌های مکمل شده با عنصر روی در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت ( $P < 0/05$ ). روی یکی از اجزای مهم آنزیم سوپراکسیددیسموتاز است؛ که باعث کاهش رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از آسیب به سلول‌ها و متابولیت‌ها می‌شود (۳۸). کمبود روی منجر به کاهش فعالیت این آنزیم در حیوانات می‌شود (۴۲). آنزیم سوپراکسیددیسموتاز دفاع اصلی آنتی‌اکسیدانی در برابر گونه‌های فعال اکسیژن است. سوپراکسیددیسموتاز در چندین ایزوفرم وجود دارد؛ که با تجزیه رادیکال‌های سوپراکسید ( $O_2^-$ ) آن‌ها را به مولکول اکسیژن ( $O_2$ ) و هیدروژن پراکسید ( $H_2O_2$ ) تبدیل می‌کند (۱۶). در رابطه با تأثیر مکمل کردن عنصر روی بر فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز، مطالعات پیشین بیانگر اثر مثبت روی بر فعالیت این آنزیم در بره‌ها (۴ و ۱۱ و ۳۵)، گوساله‌های هلشتاین (۳۳) و گاوهای شیری هلشتاین (۳۷) بود، در حالیکه مکمل کردن ۳۵ میلی‌گرم روی در اشکال آلی و معدنی در جیره پایه گوساله‌های نر آمیخته حاوی ۳۲/۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک تفاوت معنی‌داری در فعالیت این آنزیم ایجاد نکرد (۲۴). نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان می‌دهد که مقدار ۲۴/۵۲ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک، در جیره غذایی پایه برای فعالیت مناسب آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در بره‌ها کافی نیست و افزودن ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک خوراک می‌تواند سبب بهبود فعالیت این آنزیم شود.

**مالون‌دی‌آلدئید:** مقادیر سرمی مالون‌دی‌آلدئید در مطالعه حاضر در جدول ۴ نشان داده شده است. علی‌رغم کمتر بودن شاخص مالون‌دی‌آلدئید در همه تیمارهای مکمل شده با روی، این شاخص تنها در

1- Total antioxidant capacity (TAC)

### نتیجه‌گیری

به‌طورکلی بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش، افزودن ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک خوراک صرف‌نظر از شکل منبع روی (معدنی، آلی و نانو)، به جیره پایه (حاوی ۲۴/۵۲ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده‌خشک خوراک) بره‌های در حال رشد، سبب بهبود وضعیت روی پلاسما و افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیس‌موتاز شد. ولی تأثیری بر عملکرد رشد، وضعیت تام آنتی‌اکسیدانی و غلظت سایر عناصر (مس، آهن، کلسیم و فسفر) نداشت. در حالیکه استفاده از نانو روی در کاهش شاخص مالون‌دی‌آلدئید نسبت به سایر شکل‌های روی (معدنی و آلی) مؤثرتر بود.

(۳۳). در این راستا گزارش‌های پیشین در بره‌ها (۳) و گوساله‌های شیرخوار (۳۳) نیز تفاوتی در غلظت آنتی‌اکسیدانی تام سرم بین تیمار شاهد و مکمل شده با روی نشان نداد؛ اما مکمل کردن عنصر روی به شکل نانو روی سبب افزایش معنی‌دار ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی در میش‌های تازه‌زا (۱۵) و گوساله‌ها در قبل و بعد از شیرگیری شد (۱).

عدم تفاوت در تیمارهای مکمل شده با روی و تیمار شاهد در مطالعه حاضر را می‌توان این‌گونه توجیه نمود که شاخص ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی سرم برخلاف تعیین یک آنتی‌اکسیدان خاص، بیانگر قدرت کلی تمامی آنتی‌اکسیدان‌های شناخته‌شده و ناشناخته موجود در پلاسما است.

جدول ۴- اثر افزودن روی بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی بره‌ها در تیمارهای مختلف

Table 4- Effect of zinc supplementation on antioxidant status of lambs in different treatments

| تیمار × زمان        | زمان  | تیمار     | SEM    | تیمارها                  |   |                                  |                     | فراسنجه‌ها<br>Parameters                  |
|---------------------|-------|-----------|--------|--------------------------|---|----------------------------------|---------------------|---|
|                     |       |           |        | روى نانو<br>Zinc<br>nano | روى - پلی‌ساکارید<br>Zinc<br>polysaccharide | روى<br>سولفات<br>Zinc<br>sulfate | شاهد<br>Control     |   |
| Treatment ×<br>Time | Time  | Treatment |        |                          |   |                                  |                     |   |
| 0.285               | 0.052 | 0.003     | 10.539 | 664.00 <sup>a</sup>      | 654.00 <sup>a</sup>                         | 659.00 <sup>a</sup>              | 609.00 <sup>b</sup> | سوپراکسیددیس‌موتاز<br>SOD(u/gHb)          |
| 0.064               | 0.224 | 0.005     | 0.067  | 2.24 <sup>b</sup>        | 2.44 <sup>ab</sup>                          | 2.47 <sup>ab</sup>               | 2.61 <sup>a</sup>   | مالون‌دی‌آلدئید<br>MDA(nmol/ml)           |
| 0.979               | 0.532 | 0.419     | 0.012  | 0.345                    | 0.367                                       | 0.347                            | 0.339               | ظرفیت تام<br>آنتی‌اکسیدانی<br>TAC(mmol/L) |

حروف متفاوت در هر ردیف از هر بخش بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) است.

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

### منابع

1. Abdollahi, M., Rezaei, J. and Fazaeli, H. 2020. Performance, rumen fermentation, blood minerals, leukocyte and antioxidant capacity of young Holstein calves receiving high-surface ZnO instead of common ZnO. Archives of Animal Nutrition, 74(3): 189-205. (In Persian)
2. Aditia, M., Sunarso, C. C. and Angeles, A. 2014. Growth performance and mineral status on goats (Caprahircuslinn.) supplemented with zinc proteinate and selenium yeast. International Journal of Science and Engineering, 7(2): 124-129.
3. Aliarabi, H., Fadayifar, A., Tabatabaei, M. M., Zamani, P., Bahari, 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. (In Persian)

4. Alimohamady, R., Aliarabi, H., Bruckmaier, R. M. and 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. (In Persian)
5. Alloway, B. J. 2008. Zinc in soils and crop nutrition. Second edition, published by IZA and IFA Brussels, Belgium and Paris, France, 102p.
6. AOAC. 2000 Association of Official Analytical Chemist. In: Horwitz W (ed) Official methods of analysis of AOAC international, 17th edn. AOAC International, Maryland-Gaithersburg, USA.
7. Attia, A. N., Awadalla, S. A., Esmail, E. Y. and 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: 91-100.
8. Bernabucci, U., Ronchi, B., Lacetera, N. and Nardone, A. 2005. Influence of body condition score on relationships between metabolic status and oxidative stress in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88(6): 2017-2026.
9. Castillo, C., Hernandez, J., Valverde, I., Pereira, V., Sotillo, J., Alonso, M. L. and Benedito, J. L. 2006. Plasma malonaldehyde (MDA) and total antioxidant status (TAS) during lactation in dairy cows. *Research in Veterinary Science*, 80(2): 133-139.
10. Dayem, A. A., Choi, H. Y., Kim, J. H. and Cho, S. G. 2010. Role of oxidative stress in stem, cancer, and cancer stem cells. *Cancers*, 2(2): 859-884.
11. Fadayifar, A., Aliarabi, H., Tabatabaei, M. M., Zamani, P., Bahari, A., Malecki, M. and Dezfoulian, A. H. 2012. Improvement in lamb performance on barley based diet supplemented with zinc. *Livestock Science*, 144(3): 285-289. (In Persian)
12. Garg, A. K., Mudgal, V. and Dass, R. S. 2008. Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization and mineral profile in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 144(1-2): 82-96.
13. Gaweł, S., Wardas, M., Niedworok, E. and Wardas, P. 2004. Malondialdehyde (MDA) as a lipid peroxidation marker. *Wiadomosci lekarskie (Warsaw, Poland)*, 57(9-10): 453-455.
14. Goff, J. P. 2018. Invited review: Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid-base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. *Journal of Dairy Science*, 101(4): 2763-2813.
15. Hosseini-Vardanjani, S. F., Rezaei, J., Karimi-Dehkordi, S. and Rouzbehan, Y. 2020. Effect of feeding nano-ZnO on performance, rumen fermentation, leukocytes, antioxidant capacity, blood serum enzymes and minerals of ewes. *Small Ruminant Research*, 191: 106170. (In Persian)
16. Ianni, A., Innosa, D., Martino, C., Grotta, L., Bennato, F. and Martino, G. 2019. Zinc supplementation of Friesian cows: Effect on chemical-nutritional composition and aromatic profile of dairy products. *Journal of Dairy Science*, 102(4): 2918-2927
17. Jarosz, M., Olbert, M., Wyszogrodzka, G., Młyniec, K. and Librowski, T. 2017. Antioxidant and anti-inflammatory effects of zinc. Zinc-dependent NF-κB signaling. *Inflammopharmacology*, 25(1): 11-24.
18. Jia, W., Jia, Z., Zhang, W., Wang, R., Zhang, S. and Zhu, X. 2008. Effects of dietary zinc on performance, nutrient digestibility and plasma zinc status in Cashmere goats. *Small Ruminant Research*, 80(1-3): 68-72.
19. Jia, W., Zhu, X., Zhang, W., Cheng, J., Guo, C. and Jia, Z. 2009. Effects of source of supplemental zinc on performance, nutrient digestibility and plasma mineral profile in Cashmere goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(12): 1648-1653.
20. Ma, F., Wo, Y., Li, H., Chang, M., Wei, J., Zhao, S. and Sun, P. 2020. Effect of the source of zinc on the tissue accumulation of zinc and jejunal mucosal zinc transporter expression in holstein dairy calves. *Animals*, 10(8): 1246.
21. Malakouti, M. J. 2007. Zinc is a neglected element in the life cycle of plants. *Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1(1): 1-12.

22. Malcolm-Callis, K. J., Duff, G. C., Gunter, S. A., Kegley, E. B. and Vermeire, D. A. 2000. Effects of supplemental zinc concentration and source on performance, carcass characteristics, and serum values in finishing beef steers. *Journal of Animal Science*, 78(11): 2801-2808.
23. Mandal, G. P., Dass, R. S., Isore, D. P., Garg, A. K. and 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 Technology*, 138(1): 1-12.
24. Mandal, G.P., Dass, R.S., Garg, A.K., Varshney, V.P. and Mondal, A. B. 2008. Effect of zinc supplementation from inorganic and organic sources on growth and blood biochemical profile in crossbred calves. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 17(2): 147.
25. Mir, S. H., Mani, V., Pal, R. P., Malik, T. A. and Sharma, H. 2020. Zinc in ruminants: metabolism and homeostasis. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 90(1): 9-19.
26. Nagalakshmi, D., Dhanalakshmi, K. and Himabindu, D. 2009. Effect of dose and source of supplemental zinc on immune response and oxidative enzymes in lambs. *Veterinary Research Communications*, 33(7): 631-644.
27. NRC. 2007. National Research Council nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, Cervids, and New World camelids. National Academy Press, Washington, DC.
28. Osorio, J. S., Trevisi, E. R. M. I. N. I. O., Ji, P., Drackley, J. K., Luchini, D., Bertoni, G. and Looor, J. J. 2014. Biomarkers of inflammation, metabolism, and oxidative stress in blood, liver, and milk reveal a better immunometabolic status in periparturient cows supplemented with Smartamine M or MetaSmart. *Journal of Dairy Science*, 97(12): 7437-7450.
29. Phiri, E. C. J. H., Viva, M. M., Chibunda, R. T. and 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.
30. Ranasinghe, P., Wathurapatha, W. S., Ishara, M. H., Jayawardana, R., Galappathy, P., Katulanda, P. and Constantine, G. R. 2015. Effects of Zinc supplementation on serum lipids: a systematic review and meta-analysis. *Nutrition & Metabolism*, 12(1): 26.
31. Rimbach, G., Walter, A., Most, E. and Pallauf, J. 1998. Effect of microbial phytase on zinc bioavailability and cadmium and lead accumulation in growing rats. *Food and Chemical Toxicology*, 36(1): 7-12.
32. Salama, A. A., Caja, G., Albanell, E., Such, X., Casals, R. and Plaixats, J. 2003. Effects of dietary supplements of zinc-methionine on milk production, udder health and zinc metabolism in dairy goats. *The Journal of Dairy Research*, 70(1): 9.
33. Seifdavati, J., Jahan Ara, M., Seyfzadeh, S., Abdi Benamar, H., Mirzaie Aghjeh Gheshlagh, F., Seyedsharifi, R. and Vahedi, V. 2018. The Effects of Zinc Oxide Nano Particles on Growth Performance and Blood Metabolites and some Serum Enzymes in Holstein Suckling Calves. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 10(1): 23-33. (in Persian)
34. Sekhon, B. S. 2014. Nanotechnology in agri-food production: an overview. *Nanotechnology, Science and Applications*, 7: 31.
35. Sethy, K., Behera, K., Mishra, S. K., Gupta, S. K., Sahoo, N., Parhi, S. S. and Khadanga, S. 2018. Effect of organic zinc supplementation on growth, metabolic profile and antioxidant status of Ganjam sheep. *Indian Journal of Animal Research*, 52(6): 839-842.
36. Shah, O. S., Baba, A. R., Dar, Z. A., Hussain, T., Amin, U., Jan, A. and Haq, A. U. 2017. Zinc as an element of therapeutic importance: A review. *Environment*, 29: 30.
37. Sobhanirad, S. and Naserian, A. A. 2012. Effects of high dietary zinc concentration and zinc sources on hematology and biochemistry of blood serum in Holstein dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 177(3-4): 242-246. (In Persian)
38. Solaiman, S. G. and Min, B. R. 2019. The effect of high levels of dietary zinc on growth performance, carcass characteristics, blood parameters, immune response and tissue minerals in growing Boer-cross goat kids. *Small Ruminant Research*, 177, 167-174.

39. Spears, J. W., Schlegel, P., Seal, M. C. and Lloyd, K. E. 2004. Bioavailability of zinc from zinc sulfate and different organic zinc sources and their effects on ruminal volatile fatty acid proportions. *Livestock Production Science*, 90(2-3): 211-217.
40. Suttle, N. F. 2010. *Mineral nutrition of livestock*, 4th edn. CABI Publishing, New York.
41. Swain, P. S., Rao, S. B., Rajendran, D., Dominic, G. and Selvaraju, S. 2016. Nano zinc, an alternative to conventional zinc as animal feed supplement: A review. *Animal Nutrition*, 2(3): 134-141.
42. Uniyal, S., Garg, A. K., Jadhav, S. E., Chaturvedi, V. K. and Mohanta, R. K. 2017. Comparative efficacy of zinc supplementation from different sources on nutrient digestibility, hemato-biochemistry and anti-oxidant activity in guinea pigs. *Livestock Science*, 204: 59-64.
43. Van Soest, P. V., Robertson, J. B. and 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.
44. 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.
45. Wright, C. L. and Spears, J. W. 2004. Effect of zinc source and dietary level on zinc metabolism in Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 87(4): 1085-1091.
46. Yagi, K. (1998). Simple assay for the level of total lipid peroxides in serum or plasma. In *Free radical and antioxidant protocols* (pp. 101-106). Humana Press.
47. Zaboli, K., Aliarabi, H., Bahari, A. A. and Abbasalipourkabir, R. 2013. Role of dietary nano-zinc oxide on growth performance and blood levels of mineral: A study on Iranian Angora (Markhoz) goat kids. (In Persian)
48. Zalewski, A. and Macphee, C. 2005. Role of lipoprotein-associated phospholipase A2 in atherosclerosis: biology, epidemiology, and possible therapeutic target. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 25(5): 923-931.
49. Zhao, C. Y., Tan, S. X., Xiao, X. Y., Qiu, X. S., Pan, J. Q. and Tang, Z. X. 2014. Effects of dietary zinc oxide nanoparticles on growth performance and antioxidative status in broilers. *Biological Trace Element Research*, 160(3): 361-367.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Ruminant Research, Vol. 9(4), 2021*

<http://ejrr.gau.ac.ir>

## **The effect of inorganic, organic, and nano-zinc sources on growth performance, blood parameters, and antioxidant activity of Sanjabi lambs**

**B. Soufi<sup>1</sup>, \*Y.A. Alijoo<sup>2</sup>, H. Khamisabadi<sup>3</sup> and Z. Khoobbakht<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>PhD. Candidate and <sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Animal Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran. <sup>3</sup>Research Associate., Animal Science Dept. Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran.

<sup>4</sup>Ph.D in Animal and Poultry Physiology, University of Guilan, Rasht, Iran

Received: 06/13/2021; Accepted: 09/26/2021

### **Abstract**

**Background and objectives:** Zinc is one of the most important and essential trace elements that play a vital role in many biological processes such as the activity of enzymes and hormones, cell membrane stability, gene expression, cell division, and antioxidant defense. This mineral is the second most abundant trace element in the body after iron and is poorly stored in body tissues, so its continuous consumption in the diet is essential to maintain normal and physiological functions; Therefore, this experiment was performed to compare the effects of supplementation of nano (zinc nano oxide), organic (zinc polysaccharide), and inorganic (sulfate) forms of the trace element zinc on performance, antioxidant status, and some blood parameters of growing Sanjabi lambs.

**Materials and Methods:** This study was performed on 20 male Sanjabi lambs (approximate age 4.5 months and mean weight  $29.55 \pm 1.1$  kg) in a completely randomized design. Treatments included 1) control group (basic diet without zinc supplement), 2) zinc sulfate group, 3) zinc-polysaccharide group 4) zinc nano oxide group. The amount of zinc added in each experimental group was 20 mg/kg dry matter. The diet was given to the lambs freely for 60 days in the morning and evening. In order to evaluate the growth performance, lambs were weighed at the beginning of the experiment and then at 15-day intervals. To determine the amount of dry matter intake, the amount of feed and leftover were measured daily for each animal. To measure blood parameters and antioxidant status, blood samples were taken on days 1, 30, and 60 of the experiment.

**Results:** The use of zinc supplements in different forms did not affect the growth performance of lambs ( $P>0.05$ ). The use of 20 mg zinc per kg of dietary dry matter in different forms caused a significant increase in plasma compared to the control group ( $P<0.05$ ) however had no significant effect on plasma copper and iron concentrations and serum calcium and phosphorus. The activity of superoxide dismutase increased in the groups supplemented with zinc ( $P<0.05$ ). Despite the decrease in serum malondialdehyde index in the zinc supplemented groups compared to the control treatment, this difference was significant only in the zinc nano oxide group ( $P<0.05$ ). The use of different forms of zinc had no effect on the total antioxidant capacity.

**Conclusion:** The results of this experiment showed that, regardless of the form of the zinc source, the addition of 20 mg zinc per kg dry matter to the basal diet of growing lambs improved the plasma zinc status and increased the activity of superoxide dismutase, while the use of nano Zinc was more effective than other forms of zinc (inorganic and organic) in reducing the malondialdehyde index.

**Keywords:** Antioxidant activity, Growth performance, Sanjabi lamb, Zinc.

---

\*Corresponding author: [y.aliyoo@urmia.ac.ir](mailto:y.aliyoo@urmia.ac.ir)