

Effect of zinc sources on performance, digestibility, and blood antioxidant indices in Murciana bucks

Hamidreza Taghian^{1*}, Kian Sadeghi²

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
Email: hamidreza.taghian@ut.ac.ir

²Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
Email: kian.sadeghi@ut.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Full Paper	Background and Objectives: Goat as a multipurpose animal is crucial for economy and food supply for urban and rural communities. Zn is one of the most restricted trace minerals, and it should be included in the ruminants' diets on a daily basis. Researches have shown that improvement in growth performance is obtained by adding organic or nanoparticles of Zn compared to ZnSO ₄ . According to the researches, feeding different Zn sources improves nutrients' digestibility. In studies which Zn supplement was added to diets, the antioxidant status of the trial animals was improved. Moreover, various sources of Zn have divers bioavailability and few studies have been conducted on the effects of different sources of Zn on body weight change, nutrients digestibility, and antioxidant status of goats, this experiment was carried out to investigate the effect of zinc sources on performance, digestibility, and blood antioxidant indices in Murciana bucks.
Article history: Received: 02/29/2024 Revised: 06/21/2024 Accepted: 06/22/2024	Materials and Methods: Forty Murciana bucks (with an average age of approximately 1.5 years and an average body weight of 43 ± 1.54 kg) were used for sixty days in a completely randomized design model. The animals were randomly assigned into 4 experimental treatments and 10 replications, which included: 1) basal diet (containing 19.95 mg kg^{-1} Zn without supplementation), 2) basal diet containing 32 mg kg^{-1} Zn as ZnSO ₄ , 3) basal diet containing 32 mg kg^{-1} Zn as ZnMet, 4) basal diet containing 32 mg kg^{-1} Zn as nanoparticles and livestock had free access to water. Blood samples were collected by jugular vein puncture containing anti-coagulant agent on day 60 of the experiment. Chemical analysis of feed samples was adjusted through standard laboratory methods for dry matter, ash, crude protein, ether extract, and neutral detergent fiber. Apparent digestibility of nutrients was determined through acid-insoluble ash method. The activities of plasma enzymes were measured using commercial kits employing an ELISA device. All data were analyzed through the statistical model of completely randomized design and by the analysis of variance method.
Keywords: Digestibility Murciana buck Zn-methionine Zn nanoparticles Zn sulfate	Results: In this research, feeding Zn supplement improved the average daily gain, average daily feed intake, and feed conversion

ratio ($P \leq 0.05$). Moreover, the administration of Zn supplement regardless of its source, improved the apparent digestibility of crude protein, organic matter and neutral detergent fiber ($P \leq 0.05$). The plasma concentrations of alkaline phosphatase and superoxide dismutase enzymes in the treatments fed with Zn supplements were increased compared to the control group ($P \leq 0.05$), but the plasma concentrations of malondialdehyde, aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase enzymes were decreased significantly in the animals fed Zn supplements ($P \leq 0.05$).

Conclusion: Feeding various types of Zn supplements (organic, inorganic and nanoparticles) under marginal deficiency situations for Zn in animals, will cause positive effects on compensatory gain, improvement of feed conversion ratio, nutrients digestibility, and promotion of the antioxidant system of the body. Because in the conditions of marginal deficiency of trace minerals, the absorption mechanisms of the body become more active to improve the absorption of these elements, and therefore, probably for this reason, no significant difference was observed between different sources of Zn in this research. Therefore, by consideration to the cost of feed, the treatment fed ZnSO_4 is cost-effective, especially when the animal is in marginal zinc deficiency condition, because it increased nutrient digestibility, optimal production performance, and improved antioxidant status similar to the expensive sources used in Zn-Met and Zn-nanoparticles treatments.

Cite this article: Taghian, H.R., Sadeghi, K. (2025). Effect of zinc sources on performance, digestibility, and blood antioxidant indices in Murciana bucks. *Journal of Ruminant Research*, 13(1), 19-36.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/ejrr.2024.22254.1946

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

اثر منابع روی بر عملکرد، گوارش پذیری و شاخص های آنتی اکسیدانی خون در بزهای نر موریسیا

حمیدرضا تقیان^{۱*}، کیان صادقی^۲

^۱ گروه علوم دامی، دانشکده گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، رایانامه: hamidreza.taghian@ut.ac.ir

^۲ گروه علوم دامی، دانشکده گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، رایانامه: kian.sadeghi@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	سابقه و هدف: بز به عنوان حیوانی چندمنظوره برای اقتصاد و تأمین مواد غذایی برای جوامع شهری و روستایی حائز اهمیت می باشد. روی یکی از محدود کننده ترین مواد معدنی کم مصرف بوده که بایستی به صورت روزانه در جیره غذایی نشخوارکنندگان گنجانده شود. تحقیقات نشان داده اند که بهبود عملکرد رشد بهتری با افزودن ترکیبات آلی روی و نانو ذرات روی نسبت به سولفات روی به دست آمده است. مطابق با پژوهش های انجام شده، تغذیه منابع مختلف روی نیز سبب بهبود گوارش پذیری مواد مغذی می شوند. در پژوهش هایی که در آن مکمل روی به جیره های غذایی افزوده شده بود، وضعیت آنتی اکسیدانی حیوانات مورد مطالعه بهبود پیدا کرد. از آنجایی که منابع مختلف روی زیست فراهمی متفاوتی دارند و مطالعات اندکی پیرامون اثرات منابع مختلف روی بر تغییرات وزن بدن، گوارش پذیری مواد مغذی و وضعیت آنتی اکسیدانی بز انجام شده است، آزمایش حاضر به منظور بررسی اثر منابع روی بر عملکرد، گوارش پذیری و شاخص های آنتی اکسیدانی خون در بزهای نر موریسیا اجرا شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۰ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۴/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۲	مواد و روش ها: ۴۰ رأس بز نر موریسیا (با میانگین سنی تقریباً ۱/۵ سال و میانگین وزن زنده ۴۳±۱/۵۴ کیلوگرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی به مدت ۶۰ روز مورد آزمایش قرار گرفتند. بزها به طور تصادفی به ۴ تیمار آزمایشی و ۱۰ تکرار تقسیم شدند که شامل: (۱) جیره پایه (حاوی ۱۹/۹۵ میلی گرم در کیلوگرم روی بدون مکمل)، (۲) جیره پایه حاوی ۳۲ میلی گرم در کیلوگرم سولفات روی، (۳) جیره پایه حاوی ۳۲ میلی گرم در کیلوگرم روی-متیونین، (۴) جیره پایه حاوی ۳۲ میلی گرم در کیلوگرم نانو ذرات روی بودند و دامها دسترسی آزاد به آب داشتند. نمونه های خون در روز ۶۰ آزمایش با استفاده از لوله های تحت خلأ حاوی ماده ضد انعقاد خون جمع آوری شدند. تجزیه شیمیایی نمونه های خوراک از طریق روش های استاندارد آزمایشگاهی برای ماده خشک، خاکستر خام، پروتئین خام، چربی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی انجام شد. گوارش پذیری ظاهری مواد مغذی از طریق روش خاکستر نامحلول در اسید تعیین شدند. فعالیت آنزیم های پلاسمایی با استفاده از کیت های تجاری و از طریق دستگاه الایزا اندازه گیری شدند. داده های به دست آمده از طریق مدل آماری طرح کاملاً تصادفی و به روش آنالیز واریانس واکاوی شدند.
واژه های کلیدی: بز موریسیا روی-متیونین سولفات روی گوارش پذیری نانو ذرات روی	

یافته‌ها: در این پژوهش تغذیه انواع مکمل روی سبب بهبود میانگین افزایش وزن روزانه، میانگین خوراک مصرفی روزانه و ضریب تبدیل خوراک شد ($P \leq 0/05$). همچنین افزودن مکمل روی فارغ از منبع آن، سبب بهبود گوارش‌پذیری ظاهری پروتئین خام، ماده آلی و الیاف نامحلول شوینده خنثی شد ($P \leq 0/05$). غلظت پلاسمایی آنزیم‌های آلکالین فسفاتاز و سوپراکسید دیسموتاز در تیمارهای تغذیه‌شده با مکمل روی نسبت به گروه شاهد افزایش یافتند ($P \leq 0/05$) اما غلظت پلاسمایی مالون‌دی‌آلدئید، آسپاراتات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز در دام‌های تغذیه‌شده با انواع مکمل روی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P \leq 0/05$).

نتیجه‌گیری: تغذیه انواع مکمل روی (آلی، غیرآلی و نانو ذرات) در شرایطی که جیره غذایی قادر به تأمین مقادیر کافی از منابع روی برای حیوان نیست، سبب ایجاد اثرات مثبتی بر رشد جبرانی، بهبود ضریب تبدیل خوراک، بهبود گوارش‌پذیری مواد مغذی و ارتقای سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن خواهد شد زیرا در شرایط کمبود حاشیه‌ای مواد معدنی کم‌مصرف، سازوکارهای جذبی بدن به‌منظور افزایش جذب این عناصر فعال‌تر می‌شوند و لذا احتمالاً به همین دلیل تفاوت معنی‌داری میان منابع مختلف روی در این پژوهش مشاهده نشد؛ بنابراین با در نظر گرفتن هزینه خوراک، تیمار تغذیه‌شده با سولفات روی به‌ویژه در شرایطی که حیوان در شرایط کمبود حاشیه‌ای روی باشد مقرون‌به‌صرفه می‌باشد زیرا سبب افزایش گوارش‌پذیری مواد مغذی، عملکرد تولیدی بهینه و بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی مشابه با منابع گران‌قیمت استفاده‌شده در تیمارهای روی-متیونین و نانو ذرات روی گردید.

استناد: تقیان، حمیدرضا؛ صادقی، کیان. (۱۴۰۴). اثر منابع روی بر عملکرد، گوارش‌پذیری و شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی خون در بزهای نر موریسیا. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۱۳(۱)، ۳۶-۱۹.

DOI: 10.22069/ejrr.2024.22254.1946

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



© نویسندگان.

مقدمه

بز یکی از فراوان‌ترین گونه‌های اهلی در میان نشخوارکنندگان کوچک محسوب می‌شود که نژادهای مختلف آن به‌منظور اهداف متنوعی نظیر گوشت، شیر، مو و چرم نگهداری می‌شوند (Van der Horst و Maree، ۲۰۲۲). پرورش بز تأثیر مستقیمی بر ارزش‌های اقتصادی-اجتماعی به‌ویژه در جوامع و کشورهای درحال‌توسعه دارد؛ زیرا در مناطقی که دارای پوشش گیاهی فصلی، بارندگی کم و خاک فقیر است امکان پرورش و نگهداری به‌ویژه برای دامداران روستایی که قادر به تأمین علوفه با کیفیت نیستند را دارد (Ukanwoko و همکاران، ۲۰۱۳؛ Ulutaş و همکاران، ۲۰۲۰). یکی از محدودکننده‌ترین عناصر معدنی کم‌مصرف در تغذیه نشخوارکنندگان روی می‌باشد زیرا بدن قادر به ذخیره‌سازی مقادیر زیادی از آن نیست و بایستی به‌صورت روزانه در جیره‌های غذایی گنجانده شود (Suttle، ۲۰۱۰). روی به‌عنوان یکی از عناصر کم‌مصرف ضروری برای رشد و عملکرد تولیدی بهینه و بهبود وضعیت سیستم ایمنی و وضعیت سلامت عمومی از طریق اثرگذاری بر کربوهیدرات‌ها، انرژی، پروتئین و سوخت‌وساز اسیدهای نوکلئیک مؤثر می‌باشد (NRC، ۲۰۰۷؛ Suttle، ۲۰۱۰). کمبود روی در جیره‌های غذایی با کاهش اشتها (Jia و همکاران، ۲۰۰۸)، کاهش عملکرد رشد (Belewu و Adewumi، ۲۰۲۱)، کاهش بازده خوراک (Garg و همکاران، ۲۰۰۸؛ VanValin و همکاران، ۲۰۱۸) و ضعف در سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن (Raje و همکاران، ۲۰۱۸؛ Song و همکاران، ۲۰۲۱) مرتبط است. به‌طورکلی منابع اکسید سولفات روی مکمل‌های رایج در تغذیه نشخوارکنندگان محسوب می‌شوند درحالی‌که ترکیبات آلی (روی-متیونین) و نانو ذرات روی جزو منابعی با زیست‌فراهمی و اثربخشی بهتر در نظر گرفته می‌شوند

(Alimohamady و همکاران، ۲۰۱۹؛ Yuusf و همکاران، ۲۰۲۲). برخی از پژوهش‌ها بهبود عملکرد رشد بهتری را با افزودن ترکیبات آلی روی (Garg و همکاران، ۲۰۰۸؛ Jia و همکاران، ۲۰۰۹؛ Mallaki و همکاران، ۲۰۱۵؛ Hassan و همکاران، ۲۰۱۶؛ Alimohamady و همکاران، ۲۰۱۹) و نانو ذرات روی (Abd El Rahim و همکاران، ۲۰۲۳؛ elgayed و همکاران، ۲۰۲۲) نسبت به سولفات روی گزارش نموده‌اند. محققان بر این باورند که روی با ایجاد پیوند میان سطح سلول باکتری و ذرات خوراک مانند پل عمل نموده و سبب افزایش گوارش‌پذیری الیاف می‌شوند (Wang و همکاران، ۲۰۲۱). در پژوهش‌هایی که در آن مکمل روی به جیره‌های غذایی افزوده‌شده بود، بهبود در وضعیت آنتی‌اکسیدانی با افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاهش غلظت مالون‌دی‌آلدئید مشاهده شد (Alimohamady و همکاران، ۲۰۱۹؛ Wei و همکاران، ۲۰۱۹؛ Abd El Rahim و همکاران، ۲۰۲۳؛ Pandey و همکاران، ۲۰۲۳). از آنجایی‌که کمبود روی در علوفه‌های تولیدشده در مناطق مختلف ایران به دلیل فقر این عنصر در خاک وجود دارد (Ziaecian و همکاران، ۲۰۰۱)، دام‌های پرورش‌یافته در کشور با کمبود روی مواجه هستند؛ بنابراین افزودن مکمل روی به جیره‌های غذایی امری اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌گردد. علاوه بر این، منابع مختلف روی زیست‌فراهمی، اثربخشی و خاصیت آنتاگونیستی^۱ (مداخله‌گر) متفاوتی نسبت به یکدیگر دارند. لذا به‌منظور تکمیل اطلاعات پیرامون اثرات منابع مختلف روی بر گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی، تغییرات وزن بدن و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در بزهای نر نژاد موریسیا، آزمایش حاضر به‌منظور بررسی اثر منابع روی

۱. Antagonist

بر عملکرد، گوارش‌پذیری و شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی در بزهای نر موریسیا طراحی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مجتمع بزداری صنعتی شرکت مگسال واقع در شهرستان آبیگ استان قزوین در مهرماه سال ۱۴۰۲ با استفاده از ۴۰ رأس بز نر موریسیا انجام شد. دام‌ها با میانگین سنی تقریباً ۱/۵ سال و میانگین وزن زنده $1/54 \pm 43$ کیلوگرم که از سلامتی عمومی مناسبی برخوردار بودند در قفس‌های انفرادی مقید و به مدت ۶۰ روز در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد استفاده قرار گرفتند. بزهای مورد آزمایش بر اساس وزن اولیه به‌طور تصادفی و با در نظر گرفتن ۱۰ تکرار (جمعاً ۴۰ رأس) به ۴ تیمار آزمایشی تقسیم شدند که شامل: (۱) جیره پایه (حاوی ۱۹/۹۵ میلی‌گرم در کیلوگرم روی بدون مکمل)، (۲) جیره پایه حاوی ۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی، (۳) جیره پایه حاوی ۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم روی-متیونین، (۴) جیره پایه حاوی ۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم نانو ذرات روی بودند. جیره‌های آزمایشی و ترکیبات شیمیایی آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. تمام جیره‌های آزمایشی به نحوی متعادل شدند که ضمن یکسان بودن میزان پروتئین و انرژی، احتیاجات مواد مغذی مورد نیاز بزها را مطابق توصیه‌های انجمن ملی تحقیقات فراهم می‌نمودند (NRC، ۲۰۰۷). تمام جیره‌های غذایی به‌طور روزانه تهیه و به‌صورت کاملاً مخلوط‌ساز در دو وعده صبح (ساعت ۸:۰۰) و عصر (ساعت ۱۶:۰۰) در اختیار حیوانات قرار می‌گرفت و همچنین دسترسی آزاد به آب تازه نیز وجود داشت. در این آزمایش از سولفات روی (شرکت دامیار جامع، تهران، ایران)، روی-متیونین (شرکت دانش‌بنیان آریانا، مشهد، ایران)، نانو ذرات روی تهیه شده در آزمایشگاه تغذیه دام دانشگاه تهران، کرج مطابق با روش Dhoke

(۲۰۲۳) استفاده شد. با توجه به توصیه‌های انجمن ملی تحقیقات بزهای نر با میانگین وزن بدن ۴۰ کیلوگرم، مقدار ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک به روی نیاز دارند؛ بنابراین با توجه به مقدار روی موجود در جیره پایه و با در نظر گرفتن میزان گوارش‌پذیری ظاهری، ضریب جذب (۶۰ الی ۷۰ درصد) و احتمال وجود ترکیبات مداخله‌گر (آتاگونیست)، مقدار ۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم مکمل روی بر اساس ماده خشک مصرفی برای هر رأس در نظر گرفته شد. مکمل‌های روی ابتدا با مقداری از جو آسیاب شده مخلوط و سپس به‌صورت سرک به خوراک وعده صبح اضافه می‌گردید (بر اساس ماده خشک مصرفی روزانه).

جمع آوری نمونه‌ها: قبل از شروع آزمایش، عملیات وزن‌کشی انجام و بر همین اساس بزها در تیمارهای مختلف به‌صورت تصادفی گروه‌بندی شدند. در ابتدای هرروز قبل از عرضه خوراک، باقی‌مانده خوراک روز قبل جمع‌آوری و توزین و بر اساس آن مقدار خوراک مصرفی روز بعد تعیین شد. در روزهای ۵۴ الی ۶۰ آزمایش برای تعیین قابلیت هضم جیره‌های آزمایشی اقدام شد. در طی این ۷ روز باقی‌مانده خوراک و مدفوع دام‌ها به‌صورت روزانه (صبح و ظهر) همراه با خوراک مصرفی جمع‌آوری و بلافاصله پس‌از آن به آزمایشگاه جهت تعیین گوارش‌پذیری مواد مغذی منتقل شدند (Santoso و همکاران، ۲۰۱۵).

نمونه‌برداری خون در روز ۶۰ آزمایش قبل از مصرف خوراک با استفاده از لوله‌های تحت خلأ حاوی ماده ضد انعقاد خون از سیاهرگ گردنی انجام شد. نمونه‌های خون به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه در دمای چهار درجه سلسیوس سانتریفیوژ شدند و سپس پلاسماهای به‌دست‌آمده در فریزر ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند.

آنالیز نمونه‌ها

آنالیز شیمیایی نمونه‌های مربوط به خوراک پس از خشک نمودن از طریق آون در دمای ۶۰ درجه سلسیوس (به مدت ۷۲ ساعت) و آسیاب نمودن با توری به قطر یک میلی‌متر از طریق دستورالعمل‌های بین‌المللی برای ماده خشک، ماده آلی، خاکستر خام (کوره الکتریکی) پروتئین خام (کجلدال اتوماتیک) و چربی خام (سوکسله) انجام شد (AOAC، ۲۰۰۶). به منظور تعیین الیاف نامحلول در شوینده خنثی از طریق روش استاندارد با استفاده از سدیم سولفات و آلفا آمیلاز پایدار در برابر حرارت (۱۰۰ میکرولیتر به ازای ۰/۵ گرم نمونه) توسط دستگاه آنکوم تک (اصفهان، ایران) انجام شد (Van Soest و همکاران، ۱۹۹۱). همچنین میزان کربوهیدرات‌های غیر الیافی از رابطه ذیل محاسبه گردید (AOAC، ۲۰۰۶).

$$*NFC=100-(NDF+CP+Ash+EE)$$

همچنین پس از تعیین میزان ماده خشک و مواد مغذی موجود در نمونه‌های خوراک و مدفوع، تعیین گوارش پذیری ظاهری مواد مغذی با استفاده از نشانگر داخلی خاکستر نامحلول در اسید انجام شد (Lee و Hristov، ۲۰۱۳). برای این کار، ۲/۵ گرم نمونه خشک شده در آون به مدت ۲۴ ساعت در کوره با دمای ۴۵۰ درجه سلسیوس گذاشته شد و سپس خاکستر به داخل بشر منتقل گردید و سپس ۵۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک دو نرمال به آن اضافه شد. مخلوط به مدت پنج دقیقه بر روی هیتر جوشانده شد. سپس محتویات بشر از کاغذ صافی بدون خاکستر (واتمن شماره ۴۱) عبور داده و با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر با دمای ۹۰ درجه سلسیوس جهت اسیدزدایی شستشو داده شد. باقی‌مانده مواد روی کاغذ صافی به همراه کاغذ صافی به بوتله چینی که قبلاً توزین شده

بود، منتقل گردید و به مدت یک شبانه‌روز در دمای ۴۵۰ درجه سلسیوس دوباره خاکستر گیری و پس از خنک شدن توزین گردید. در نهایت خاکستر نامحلول در اسید نمونه‌ها با استفاده از روابط ذیل محاسبه شدند.

$$100 - 100 \times \left(\frac{M1}{M2} \right) = \text{درصد قابلیت هضم ظاهری ماده خشک}$$

$$100 - 100 \times \left(\frac{M1}{M2} \times \frac{N2}{N1} \right) = \text{درصد قابلیت هضم ظاهری ماده مغذی}$$

M1: درصد نشانگر در خوراک؛ M2: درصد نشانگر در مدفوع؛ N1: درصد ماده مغذی در خوراک؛

N2: درصد ماده مغذی در مدفوع

علاوه بر این میزان انرژی قابل متابولیسم جیره‌های آزمایشی نیز با استفاده از جداول انجمن ملی تحقیقات برآورد گردید (NRC، ۲۰۰۷).

ارزیابی فعالیت برخی از آنزیم‌های پلاسمای خون شامل آلکالین فسفاتاز، آسپاراتات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز از طریق کیت‌های تجاری پارس آزمون (پارس آزمون، ایران) و برای اندازه‌گیری میزان سوپراکسید دیسموتاز و مالون‌دی‌آلدئید با استفاده از کیت‌های تجاری نوند سلامت (نوند سلامت، ایران) و دستگاه الایزا ریدر (بی تی ۱۵۰۰، بایوتکنیکا، ایتالیا) آزمایشگاه دامپزشکی دانشگاه تهران انجام شد.

میانگین داده‌های به‌دست‌آمده از تغییرات وزن بدن، گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی و میزان فعالیت آنزیم‌های پلاسمایی بزهای مورد آزمایش به‌عنوان نتایج نهایی مورد استفاده قرار گرفت که از طریق مدل آماری طرح کاملاً تصادفی به روش آنالیز واریانس و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS^۲ (نسخه ۹،۱) و رویه ترکیب‌شده^۳ و مدل آماری زیر واکاوی گردید.

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

^۲. Statistical analysis system

^۳. Mixed

* در رابطه فوق NDF، الیاف نامحلول در شوینده خنثی؛ CP، پروتئین خام؛ Ash، خاکستر خام؛ EE، عصاره اتری است.

Y_{ijk} = مقدار هر مشاهده، μ = میانگین کل متغیر
 مورد بررسی، T_i = اثر تیمار، Bx_{ij} = کوواریت متغیر،
 e_{ijk} = اثر خطای آزمایش.
 وزن اولیه بزها به عنوان عامل کوواریت به منظور
 واکاوی وزن پایانی و میانگین افزایش وزن روزانه در
 نظر گرفته شد. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها به
 روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و سطح معنی‌داری
 ۰/۰۵ انجام گردید.

جدول ۱- اقلام جیره و ترکیب مواد مغذی جیره پایه (بر اساس ماده خشک)

Table 1- Ingredients and nutrient composition of the basal diet (dry matter basis)

درصد ماده خشک % of DM	Ingredient of diet	اجزای جیره
60.0	Alfalfa hay	یونجه خشک
4.0	Wheat straw	کاه گندم
14.0	Barley grain	دانه جو
14.0	Corn grain	دانه ذرت
6.0	Soybean meal	کنجاله سویا
2.0	Wheat straw	سبوس گندم
Nutrients composition		ترکیب مواد مغذی
89.90	Dry matter (%)	ماده خشک (درصد)
81.61	Organic matter (%)	ماده آلی (درصد)
14.43	Crude protein (%)	پروتئین خام (درصد)
8.29	Ash (%)	خاکستر خام (درصد)
2.76	Ether extract (%)	عصاره اتری (درصد)
42.32	Neutral detergent fiber (%)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)
32.19	Non-fiber carbohydrates (%)	کربوهیدرات‌های غیر فیبری (درصد)
1.28	Calcium (%)	کلسیم (درصد)
0.28	Phosphorus (%)	فسفر (درصد)
19.95	Zinc (mg kg ⁻¹)	روی (میلی‌گرم در کیلوگرم)
6.92	Copper (mg kg ⁻¹)	مس (میلی‌گرم در کیلوگرم)
197.13	Ferrous (mg kg ⁻¹)	آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم)
2.42	Metabolizable energy (Mcal kg ⁻¹)	انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری در کیلوگرم)

انرژی قابل متابولیسم بر اساس مگا کالری بر کیلوگرم ماده خشک است که با استفاده از جداول انجمن ملی تحقیقات برآورد شده است.

Metabolizable energy is based on megacalories per kilogram of dry matter, which is estimated by using the tables of the national research council.

نتایج و بحث

مقدار روی موجود در جیره پایه (۱۹/۹۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) کمتر از مقادیر توصیه شده (۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) برای بزهای نر (NRC، ۲۰۰۷) بود که این مقدار برای حفظ عملکرد طبیعی بزها کافی نیست. کمبود روی اثرات قابل توجهی بر دستگاه گوارش و سیستم ایمنی بدن که دارای نرخ تغییر و

تبدیل^۴ بالا می‌باشند دارد به نحوی که سبب کاهش اشتها و کاهش بازدهی خوراک مصرفی، کند نمودن یا ایجاد نقص در رشد از طریق اثرگذاری بر هورمون رشد و ایجاد ضعف در سیستم ایمنی را در پی دارد. نتایج مربوط به تغییرات وزن بدن با تغذیه منابع

^۴ Turnover

روی به جیره پایه بزهای نر کشمیر (حاوی ۲۲/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم روی) سبب بهبود میانگین افزایش وزن روزانه و بهبود ضریب تبدیل خوراک نسبت به گروه شاهد شد (Jia و همکاران، ۲۰۰۸). در مطالعه‌ای دیگر که در بزهای نر کشمیر به مقایسه افزودن ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی با روی-متیونین به جیره پایه حاوی ۲۲/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم روی پرداخته بودند نیز افزایش میانگین وزن روزانه و بهبود ضریب تبدیل خوراک نسبت به گروه شاهد گزارش شد که همسو با نتیجه پژوهش حاضر، تفاوتی هم میان دو نوع منبع آلی و غیرآلی روی مشاهده نکردند (Jia و همکاران، ۲۰۰۹). همسو با نتایج حاضر، افزودن ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مکمل روی (سولفات روی و روی-متیونین) به جیره غذایی بره‌های نر زندی که با جیره پایه حاوی ۲۲/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم روی تغذیه می‌شدند، بهبود میانگین افزایش وزن روزانه، میانگین ماده خشک مصرفی روزانه و ضریب تبدیل خوراک در هر دو نوع مکمل روی گزارش شد (Mallaki و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین همسو با نتایج پژوهش حاضر، افزودن مقدار ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از سولفات روی یا روی-متیونین به جیره پایه گاومیش‌های نر (حاوی ۲۸/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم روی) سبب بهبود میانگین افزایش وزن روزانه و بهبود ضریب تبدیل خوراک در هر دو تیمار تغذیه شده با روی متیونین و سولفات روی گردید (Hassan و همکاران، ۲۰۱۶). افزودن ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی یا روی-متیونین به جیره غذایی بزغاله‌های نژاد مالاباری سبب افزایش میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک در تیمارهای تغذیه شده با روی-متیونین شد و برخلاف نتیجه پژوهش حاضر افزودن سولفات روی تأثیر معنی‌داری بر فراسنجه‌های مذکور نداشت (Chavan و همکاران، ۲۰۲۱). همسو با نتایج پژوهش حاضر افزودن مقادیر

مختلف روی در جدول ۲ ارائه شده است. در این پژوهش تغذیه مکمل روی سبب افزایش وزن پایانی ($P=0.001$)، بهبود میانگین افزایش وزن روزانه ($P=0.001$)، افزایش میانگین خوراک مصرفی روزانه ($P=0.008$) و بهبود ضریب تبدیل خوراک مصرفی ($P=0.003$) شد. همچنین تفاوت معنی‌داری میان شاخص‌های مرتبط با تغییرات وزن بدن و خوراک مصرفی میان انواع مکمل‌های تغذیه شده (سولفات روی، روی-متیونین، نانو ذرات روی) مشاهده نشد ($P\geq 0.05$).

در این پژوهش میانگین افزایش وزن روزانه، میانگین خوراک مصرفی روزانه و ضریب تبدیل خوراک با مصرف مکمل روی افزایش یافت که این نتایج سازگار با مطالعات پیشین انجام شده در گاومیش (Hassan و همکاران، ۲۰۱۶) نژادهای مختلف بز (Zhang و همکاران، ۲۰۰۸؛ Jia و همکاران، ۲۰۰۸؛ Jia و همکاران، ۲۰۰۹؛ Chavan و همکاران، ۲۰۲۱؛ Yuusf و همکاران، ۲۰۲۲) و نژادهای مختلف بره‌های نر (Garg و همکاران، ۲۰۰۸؛ Alimohamady و همکاران، ۲۰۱۹؛ Abd elgayed و همکاران، ۲۰۲۲) می‌باشد. هرچند در این پژوهش نوع مکمل روی تفاوت معنی‌داری میان صفات مذکور ایجاد نکرد. همسو با نتایج حاضر افزودن مقدار ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از دو نوع آلی (روی-متیونین) و غیرآلی (سولفات روی) به جیره پایه بره‌های نر که حاوی ۳۴ میلی‌گرم در کیلوگرم روی بود، سبب افزایش معنی‌دار میانگین افزایش وزن روزانه، میانگین ماده خشک مصرفی روزانه و بهبود ضریب تبدیل خوراک در تیمارهای تغذیه شده با روی-متیونین شد، اما بر خلاف نتیجه پژوهش حاضر تفاوت معنی‌داری میان فراسنجه‌های مذکور با افزودن سولفات روی به جیره‌ها مشاهده نشد (Garg و همکاران، ۲۰۰۸). در پژوهشی دیگر افزودن مقادیر ۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم در کیلوگرم از سولفات

احتمالاً دلیل این نتایج مثبت در پژوهش حاضر، تحریک رشد جبرانی از طریق روی جذب شده می‌باشد؛ روی به‌عنوان نوعی ماده معدنی آنابولیک در نظر گرفته می‌شود زیرا نقش برجسته‌ای در انتقال گلوکز و سوخت‌وساز پروتئین بر عهده داشته و همچنین این عنصر نقشی ضروری در فعالیت آنزیم انسولین بازی می‌کند که همین امر منجر به اثرگذاری بر سوخت‌وساز گلوکز می‌شود (Chavan و همکاران، ۲۰۲۱). علاوه بر این، روی دارای اثرات شبه انسولینی بوده که در دریافت سیگنال توسط گیرنده‌های انسولین، ذخیره‌سازی، ترشح، توزیع در بافت/اندام و مهار پروتئین تایروزین فسفاتازها اثرگذار است؛ بنابراین، پروتئین‌هایی که روی را انتقال می‌دهند، احتمالاً فرایندهای سیگنال دهی سلولی را تسهیل نموده که همین امر با تعدیل غلظت روی سیتوزولی، به کنترل قند خون در بافت‌های محیطی کمک می‌کنند (Myers، ۲۰۱۵).

۳۰ و ۶۰ میلی گرم در کیلوگرم از نانو ذرات روی به جیره پایه بره‌های نر سبب بهبود افزایش وزن روزانه در هفته دوم، چهارم و ششم آزمایش شد (Abd elgayed و همکاران، ۲۰۲۲). در پژوهشی دیگر افزودن مقادیر بسیار زیادی از نانو ذرات روی (۶۰۰ میلی گرم در کیلوگرم) به جیره پایه حاوی ۲۸/۱۱ میلی گرم در کیلوگرم روی سبب افزایش میانگین ماده خشک مصرفی روزانه، میانگین افزایش وزن روزانه و بهبود ضریب تبدیل خوراک در بزهای نژاد آفریقایی دوارف شد (Yuusf و همکاران، ۲۰۲۲). برخلاف نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، افزودن ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم سولفات روی و مقادیر ۲۵ و ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم نانو ذرات روی به جیره پایه گوساله‌های نژاد هیرانا که حاوی ۲۲/۷۲ میلی گرم در کیلوگرم روی بود، هیچ تأثیر معنی‌داری بر تغییرات وزن بدن یا ضریب تبدیل خوراک نداشت (Kumar و همکاران، ۲۰۲۱).

جدول ۳- اثر مکمل نمودن جیره با منابع مختلف روی بر عملکرد رشد در بزهای مورسیا

Table 2- Effect of dietary supplementation with different sources of zinc on growth performance in Murciana bucks

P-value	SEM	Treatments				فراسنجه‌ها Items
		نانوذرات روی nano-Zn	روی-متیونین Zn-Met	سولفات روی ZnSO ₄	شاهد Control	
0.876	0.249	43.37	43.62	43.41	43.56	وزن اولیه (Kg) Initial body weight (Kg)
0.001	0.166	49.83 ^{ab}	50.19 ^a	49.69 ^b	48.51 ^c	وزن نهایی (Kg) Final body weight (Kg)
0.001	35.062	107.88 ^a	109.53 ^a	104.66 ^a	82.51 ^b	میانگین افزایش وزن روزانه (g day ⁻¹) Average daily gain (g day ⁻¹)
0.008	2.761	1187.50 ^a	1186.40 ^a	1172.50 ^a	1032.80 ^b	میانگین ماده خشک مصرفی (g day ⁻¹) Average daily feed intake (g day ⁻¹)
0.003	0.350	11.02 ^b	10.85 ^b	11.21 ^b	12.68 ^a	ضریب تبدیل خوراک (Kg kg ⁻¹) Feed conversion ratio (Kg kg ⁻¹)

حروف مشابه در هر ردیف بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد می‌باشد.

Similar letters in each row indicate no significant difference at the 5% margin error.

گوارش‌پذیری ظاهری پروتئین خام ($P=0.004$)،
گوارش‌پذیری ماده آلی ($P=0.004$) و گوارش‌پذیری
ظاهری الیاف نامحلول در شوینده خنثی ($P=0.024$)

داده‌های مربوط به گوارش‌پذیری ظاهری مواد
مغذی مربوط به هریک از تیمارهای آزمایشی در
جدول ۳ ارائه شده است. در این پژوهش میزان

در تیمارهای تغذیه شده با منابع مختلف روی نسبت به گروه شاهد افزایش یافت؛ اما میزان گوارش‌پذیری ظاهری ماده خشک ($P=0.223$) و عصاره اتری ($P=0.889$) تحت تأثیر مکمل‌های روی قرار نگرفتند. مصرف مکمل روی فارغ از نوع آن، سبب افزایش گوارش‌پذیری ظاهری ماده آلی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی گردید ($P \leq 0.05$). نتیجه این پژوهش با نتایج سایر مطالعات انجام‌شده در بز (Jia و همکاران، ۲۰۰۹) بره‌های نر (Mallaki و همکاران، ۲۰۱۵؛ VanValin و همکاران، ۲۰۱۸؛ Alimohamady و همکاران، ۲۰۱۹) و گوساله‌های نر (Hassan و همکاران، ۲۰۱۶) و گاوهای شیرده هلشتاین (Wang و همکاران، ۲۰۲۱) مطابقت دارد. باین‌حال، میان انواع مکمل‌های روی تفاوت معنی‌داری بر گوارش‌پذیری ظاهری هیچ‌کدام از مواد مغذی مشاهده نشد. همسو با نتایج این پژوهش، افزودن ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی-متیونین به جیره پایه حاوی ۲۲/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم روی سبب بهبود گوارش‌پذیری ظاهری الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بزهای نژاد کشمیر شد، اما برخلاف پژوهش حاضر این محققان تفاوت معنی‌داری میان گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی با تغذیه سولفات روی مشاهده نکردند (Jia و همکاران، ۲۰۰۹). در پژوهشی دیگر افزودن ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی-متیونین به جیره غذایی بره‌های نر نژاد زندی سبب بهبود گوارش‌پذیری ظاهری پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی شد که با پژوهش حاضر (Mallaki و همکاران، ۲۰۱۵) همسو با نتایج این پژوهش، مکمل نمودن جیره پایه با دو نوع

آلی (روی متیونین) و غیرآلی (سولفات روی) روی سبب بهبود گوارش‌پذیری ظاهری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام و الیاف خام گردید اما بر خلاف نتیجه این پژوهش، افزودن منابع آلی روی سبب بهبود گوارش‌پذیری ظاهری پروتئین خام، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نسبت به تیمارهای تغذیه‌شده با سولفات روی شد (Hassan و همکاران، ۲۰۱۶؛ VanValin و همکاران، ۲۰۱۸؛ Alimohamady و همکاران، ۲۰۱۹؛ Wang و همکاران، ۲۰۲۱). عوامل گوناگونی در ایجاد اختلاف بین گزارش‌های فوق با پژوهش حاضر نقش دارند، مانند خصوصیات شیمیایی منابع آلی روی مورداستفاده در جیره، مقادیر روی در جیره پایه، نوع دام و عوامل مؤثر بر انحلال‌پذیری و پایداری روی در دستگاه گوارش که سبب اثر بخشی بهتر منابع آلی روی در مقایسه با سولفات روی شده‌اند. کاتیون روی با ایجاد پیوند با سطح سلولی باکتری‌ها، به‌عنوان پلی رابط بین میکروارگانیسم‌های با بار منفی و ذرات خوراک عمل می‌کند (Wang و همکاران، ۲۰۲۱). علاوه بر این، طبق بررسی‌های علمی روی قادر به افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی و بهبود گوارش‌پذیری مواد مغذی بوده است (Ghalehkandi و همکاران، ۲۰۱۱؛ Jing و همکاران، ۲۰۰۹)؛ بنابراین این بهبود گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی در این پژوهش احتمالاً به دلیل اثر روی بر نحوه عملکرد میکروارگانیسم‌های شکمبه و همچنین افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی در بزهای تغذیه‌شده با منابع مختلف روی بوده است.

جدول ۳- اثر مکمل نمودن جیره با منابع مختلف روی بر گوارش پذیری ظاهری برخی از مواد مغذی در بزهای مورسیا
Table 3- Effect of dietary supplementation with different sources of zinc on apparent digestibility of some nutrient in Murciana bucks

P-value	SEM	Treatments تیمارها				فراسنجه‌ها Items
		نانوذرات روی nano-Zn	روی-متیونین Zn-Met	سولفات روی ZnSO ₄	شاهد Control	
0.223	1.325	66.76	68.41	67.81	64.68	ماده خشک (%) Dry matter (%)
0.004	1.329	69.90 ^a	71.31 ^a	70.49 ^a	65.89 ^b	ماده آلی (%) Organic matter (%)
0.004	1.880	65.78 ^a	66.56 ^a	65.07 ^a	57.13 ^b	پروتئین خام (%) Crude protein (%)
0.889	2.923	64.91	66.01	65.77	63.05	عصاره اتری (%) Ether extract (%)
0.024	2.680	47.92 ^a	49.22 ^a	46.16 ^a	38.01 ^b	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (%) Neutral detergent fiber (%)

حروف مشابه در هر ردیف بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد می‌باشد.

Similar letters in each row indicate no significant difference at the 5% margin error.

همکاران، ۲۰۱۴). علاوه بر این، افزودن انواع مختلف روی (نانو ذرات روی و اکسید روی) به میزان ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به جیره پایه بره‌های نر، تفاوت معنی‌داری بر سطح آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بین دو تیمار ایجاد نکرد (Singh و همکاران، ۲۰۱۸). در پژوهشی دیگر افزودن منابع آلی روی به جیره غذایی بره‌های نر به میزان ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، سبب افزایش سطح پلاسمایی آنزیم سوپراکسید دیسموتاز شد، علاوه بر این سطح آنزیم آسپارات آمینوترانسفراز نیز در هر دو تیمار تغذیه شده با منابع آلی و غیرآلی روی نسبت به گروه شاهد کاهش یافت اما هیچ تأثیر معنی‌داری بر غلظت پلاسمایی آلانین آمینوترانسفراز نیز مشاهده نشد (Alimohamady و همکاران، ۲۰۱۹). مطابق با پژوهش حاضر، تفاوت معنی‌داری در سطح پلاسمایی آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در میان تیمارهای تغذیه شده با ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اکسید روی با تیمارهای تغذیه شده با مقادیر ۴۰، ۳۰، ۲۰ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از نانو ذرات روی پس از مدت ۱۵۰ روز مشاهده نشد (Singh و همکاران، ۲۰۱۹). برخلاف نتیجه پژوهش حاضر، در پژوهشی

نتایج مربوط به فعالیت آنزیم‌های پلاسمایی در جدول ۴ گزارش شده است. در این مطالعه میزان فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز ($P=0.037$) و آلکالین فسفاتاز ($P=0.031$) در تیمارهای تغذیه شده با انواع مکمل روی نسبت به گروه شاهد افزایش یافت اما مقادیر آلانین آمینوترانسفراز ($P=0.032$)، آسپارات آمینوترانسفراز ($P=0.002$) و مالون‌دی‌آلدئید ($P=0.019$) در تیمارهای تغذیه شده با منابع مختلف روی نسبت به گروه شاهد کاهش یافت. لازم به ذکر است تفاوت معنی‌داری میان غلظت پلاسمایی آنزیم‌های فوق در میان تیمارهای مختلف تغذیه شده با انواع مکمل روی مشاهده نشد ($P>0.05$).

در پژوهش حاضر فعالیت آنزیم‌های مرتبط با سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن در تیمارهای تغذیه شده با انواع مکمل روی نسبت به گروه شاهد تغییر یافتند ($P\leq 0.05$). همسو با پژوهش حاضر، افزودن ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی به جیره غذایی بزهای نژاد بربری سبب کاهش غلظت مالون‌دی‌آلدئید و افزایش غلظت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در پلاسمای منی پس از مدت ۶۰ روز شد (Kumar و

آنزیم آلکالین فسفاتاز شد (Yuusf و همکاران، ۲۰۲۲). بر خلاف نتیجه پژوهش حاضر، مکمل نمودن مقدار ۲۵ و ۵۰ میلی گرم اکسید روی یا نانو ذرات روی به جیره غذایی گوساله‌های نر نژاد هیرانا هیچ تأثیر معنی‌داری بر سطح آنزیم‌های آلکالین فسفاتاز نداشت (Kumar و همکاران، ۲۰۲۱).

متالوآنزیم آلکالین فسفاتاز به‌عنوان شاخصی برای سنجش وضعیت روی در بدن حیوان در نظر گرفته می‌شود زیرا در شرایط کمبود روی، میزان این آنزیم در پلاسما خون کاهش می‌یابد؛ بنابراین با توجه به مقادیر به دست آمده در این پژوهش برای این آنزیم، به نظر می‌رسد احتمالاً کمبود روی در گروه شاهد سبب کاهش غلظت پلاسمایی این آنزیم نسبت به تیمارهای تغذیه شده با انواع مکمل روی می‌باشد؛ زیرا محدوده طبیعی برای این آنزیم بین ۶۱ الی ۲۸۳ واحد بر لیتر گزارش شده است (Porter و همکاران، ۲۰۱۱؛ Yuusf و همکاران، ۲۰۲۲).

همسو با نتایج پژوهش حاضر، افزودن ۳۰ میلی گرم در کیلوگرم سولفات روی به جیره پایه گوساله‌های نر که حاوی ۲۸/۳ میلی گرم در کیلوگرم روی بود، سبب کاهش فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز گردید اما بر خلاف پژوهش حاضر میزان فعالیت آنزیم آسپاراتات آمینوترانسفراز تحت تأثیر قرار نگرفت، علاوه بر این با افزودن روی-متیونین به جیره غذایی گوساله‌ها نیز تأثیر معنی‌داری بر سطح فعالیت این دو آنزیم گزارش نکردند (Hassan و همکاران، ۲۰۱۶). در پژوهشی دیگر افزودن ۳۰ میلی گرم در کیلوگرم از انواع مکمل روی شامل سولفات روی، روی-متیونین، روی-گلیسین، روی-پروتئینات به جیره غذایی بره‌های نر، مطابق با پژوهش حاضر کاهش غلظت پلاسمایی آنزیم آسپاراتات آمینوترانسفراز در مقایسه با گروه شاهد گزارش شد، اما برخلاف نتیجه مطالعه حاضر، تغذیه انواع مکمل‌های روی هیچ تأثیر معنی‌داری بر غلظت پلاسمایی آنزیم آلانین آمینوترانسفراز نیز نداشت (Alimohamady و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین در

افزودن مقادیر بسیار زیاد از سولفات روی (سطوح ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم) به جیره غذایی بره‌های نر نژاد آنقوره با میانگین سن ۱۲ ماه، سبب افزایش غلظت پلاسمایی مالون‌دی‌آلدئید در مقایسه با گروه شاهد شد (Ulutaş و همکاران، ۲۰۲۰). مطابق با نتایج این پژوهش، افزودن نانو ذرات روی در دو سطح ۱۵ و ۳۰ میلی گرم در کیلوگرم به جیره غذایی بره‌های نر نژاد بارکی سبب کاهش غلظت پلاسمایی مالون‌دی‌آلدئید و افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نسبت به گروه شاهد شد (Abd El Rahim و همکاران، ۲۰۲۳).

مالون‌دی‌آلدئید یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها برای سنجش میزان پراکسیداسیون لیپیدها و آسیب‌های اکسیداتیو حاصل از گونه‌های فعال اکسیژن^۵ محسوب می‌شوند، دانشمندان با اثبات این فرضیه که مقادیر کافی روی سبب برانگیزش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز شده و متعاقباً افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز سبب سرکوب تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌گردد؛ چگونگی کاهش سطح مالون‌دی‌آلدئید در ادامه این فرایند را توجیه نمودند (Attia و همکاران، ۲۰۱۳؛ Elsayed و همکاران، ۲۰۲۱)؛ بنابراین با توجه به افزایش مقدار آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تیمارهای تغذیه شده با انواع مکمل روی، احتمالاً میزان گونه‌های فعال اکسیژن توسط این آنزیم کاهش یافته و در ادامه سبب کاهش میزان غلظت مالون‌دی‌آلدئید شده است.

همسو با نتیجه این پژوهش، افزودن ۳۰ میلی گرم در کیلوگرم از سولفات روی و منابع آلی روی شامل روی-متیونین و روی-پروتئینات به جیره غذایی بره‌های نر سبب بهبود غلظت پلاسمایی آنزیم آلکالین فسفاتاز گردید (Alimohamady و همکاران، ۲۰۱۹). در پژوهشی دیگر افزودن نانو ذرات روی به جیره غذایی بره‌های آفریقایی سبب افزایش غلظت پلاسمایی

^۵. Reactive oxygen species (ROS)

آمینوترانسفراز مشاهده نشد (Kumar و همکاران، ۲۰۲۱).

مطابق مطالعات انجام شده، افزایش میزان نانو ذرات روی به بیش از چند برابر نیاز دام، سبب ایجاد استرس اکسیداتیو در حیوان می‌گردد که همین امر سبب افزایش مقدار آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز و آسپاراتات آمینوترانسفراز در خون می‌شود (Sharma و همکاران، ۲۰۰۹)؛ علاوه بر این، فعالیت این دو آنزیم در پلاسما یا سرم خون، معمولاً به‌منظور بررسی وضعیت آسیب و التهابات کبدی و کلیه‌ای اندازه‌گیری می‌شوند (Spears و Kegley، ۲۰۰۲). بنابراین احتمالاً از آنجایی که غلظت روی در جیره پایه با احتساب زیست‌فراهمی آن بسیار پایین‌تر از حد نرمال بوده است، افزودن مکمل روی نه تنها سبب ایجاد استرس اکسیداتیو برای حیوان نشده است بلکه به سرکوب عوامل ایجادکننده استرس اکسیداتیو که در شرایط کمبود حاشیه‌ای روی ایجاد می‌شوند کمک نموده و همین امر سبب کاهش معنی‌دار این آنزیم‌ها در تیمارهای تغذیه شده با انواع مکمل روی شده است.

پژوهشی دیگر افزودن مقدار ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانو ذرات روی به جیره غذایی بزهای نر سبب کاهش غلظت پلاسمایی آنزیم آسپاراتات آمینوترانسفراز شد اما برخلاف نتیجه پژوهش حاضر هیچ تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز نداشت (Belewu و Adewumi، ۲۰۲۱). همسو با پژوهش حاضر، افزودن مقادیر ۳۰ و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از نانو ذرات روی به جیره غذایی بره‌ها سبب کاهش معنی‌دار غلظت پلاسمایی آنزیم آسپاراتات آمینوترانسفراز و آنزیم آلانین آمینوترانسفراز شد (Abd elgayed و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین در پژوهشی دیگر که مقادیر ۱۵ و ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانو ذرات روی را به جیره پایه بره‌های پرواری افزوده بودند، میزان فعالیت آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز و آنزیم آسپاراتات آمینوترانسفراز نسبت به گروه شاهد کاهش یافت (Abd El Rahim و همکاران، ۲۰۲۳). برخلاف نتایج پژوهش حاضر، در مطالعه‌ای افزودن مقادیر ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از اکسید روی و نانو ذرات روی به جیره غذایی گوساله‌های نژاد هیرانا، هیچ تغییری در غلظت پلاسمایی آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز و آسپاراتات

جدول ۴- اثر مکمل نمودن جیره با منابع مختلف روی بر غلظت شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی در پلاسمای خون بزهای مورسیا

Table 4- Effect of dietary supplementation with different sources of zinc on the antioxidant indices in the blood plasma in Murciana bucks

plasma in Maracana ducks						
P-value	SEM	تیمارها ^۱				فراسنجه‌ها Items
		Treatments				
		نانوذرات روی nano-Zn	روی-متیونین Zn-Met	سولفات روی ZnSO ₄	شاهد Control	
0.031	5.232	181.63 ^b	184.23 ^b	178.26 ^b	163.01 ^a	آلکالین فسفاتاز (U L ⁻¹) Alkaline phosphatase (U L ⁻¹)
0.037	2.533	97.21 ^b	99.54 ^b	96.54 ^b	88.87 ^a	سوپراکسید دیسموتاز (U mL ⁻¹) Superoxide dismutase (U mL ⁻¹)
0.019	0.177	3.78 ^b	3.55 ^b	3.85 ^b	4.36 ^a	مالون‌دی‌آلدئید (nmol mL ⁻¹) Malondialdehyde (nmol mL ⁻¹)
0.002	0.665	30.98 ^b	29.87 ^b	31.77 ^b	33.75 ^a	آسپاراتات آمینوترانسفراز (U L ⁻¹) Aspartate transaminase (U L ⁻¹)
0.032	0.285	12.09 ^b	11.74 ^b	12.08 ^b	12.95 ^a	آلانین آمینوترانسفراز (U L ⁻¹) Alanine aminotransferase (U L ⁻¹)

حروف مشابه در هر ردیف بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد می‌باشد.

Similar letters in each row indicate no significant difference at the 5% margin error.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به پایین بودن غلظت روی در جیره‌های غذایی دام‌ها که سبب کمبود حاشیه‌ای این عنصر شده بود، مکمل نمودن انواع منابع روی سبب ایجاد رشد جبرانی در بزهای مورد آزمایش شد که این امر احتمالاً از طریق بهبود گوارش پذیری مواد مغذی، ایجاد اثرات متالوآنزیمی (مؤثر در سنتز و ترشح انواع آنزیم‌ها) و درنهایت ارتقای سیستم آنتی اکسیدانی بدن که بهبود وضعیت سلامت دام را در پی داشت. به نظر می‌رسد در شرایط کمبود حاشیه‌ای روی در دام‌ها،

افزودن انواع مکمل روی از گوارش‌پذیری و قابلیت جذب بالایی برخوردار می‌باشند که همین امر اثرات مثبت انواع مکمل‌های روی را در پی دارد؛ بنابراین با در نظر گرفتن هزینه خوراک، تیمار تغذیه‌شده با سولفات روی به‌ویژه در شرایطی که حیوان در شرایط کمبود حاشیه‌ای روی باشد مقرون‌به‌صرفه می‌باشد زیرا سبب افزایش گوارش‌پذیری مواد مغذی، عملکرد تولیدی بهینه و بهبود وضعیت آنتی اکسیدانی مشابه با منابع گران‌قیمت استفاده‌شده در تیمارهای روی-متیونین و نانو ذرات روی گردید.

منابع

- Abd El Rahim, S. A., Arafa, M. M., Abdelhamid, H. Y., & Mohamed, A. E.-S. A. (2023). Effect of zinc oxide Nanoparticles on some biochemical parameters and body weight in Barki fattening lambs. *Journal of Veterinary Sciences*, 6(2): 88-103.
- Abd elgayed, h. s., El moghazy, G., saba, F. E. S., Ghanem, M. M., & Abdel-Raoof, Y. (2022). Effect of zinc oxide nanoparticles and zinc oxide on clinical, hemato-biochemical, body weight, trace elements and wool zinc changes in lambs. *Journal of Benha Veterinary Medical*, 42(2): 147-152. <https://doi.org/10.21608/bvmj.2022.138119.1521>
- 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. (2006). Official Methods of Analysis of AOAC International. Maryland. USA.
- Attia, Y. A., Abd Al-Hamid, A. E., Zewail, H. S., Qota, E. M., Bovera, F., Monastra, G., & Sahledom, M. D. (2013). Effect of dietary amounts of inorganic and organic zinc on productive and physiological traits of White Pekin ducks. *Animal*, 7(6): 895-900. <https://doi.org/10.1017/s1751731113000050>
- Belewu, A., & Adewumi, D. (2021). Effect of green syntheses nano zinc oxide on performance characteristics and hematobiochemical profile of West African dwarf goats. *Animal Research International*, 18(1): 3938-3946.
- Chavan, S. J., Varadan, D., Ravishankar, C., Vazhoor, B., Sebastian, R., Chulliparambil, S., & Prakash, P. (2021). The effect of inorganic and organic zinc supplementation on growth performance, mineral profile and gene expression pattern of GLUT1 in Malabari kids. *Biological Trace Element Research*, 199(2): 568-577. <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02167-y>
- Dhoke, S. K. (2023). Synthesis of nano-ZnO by chemical method and its characterization. *Results in Chemistry*, 5, 100771. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rechem.2023.100771>
- Elsayed, A. A. M., Abol-Ela, S. S., Askar, A. A., Mohamed, L. A., El-Sayed, S. A. A., Ahmed, S. Y. A., Alagawany, M. (2021). Supplementation of different zinc sources to low-CP diets and its effect on performance, carcass traits, liver and kidney functions, immunological, and antioxidant parameters of quail chicks. *Journal of Poultry Science*, 100(11): 101463. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101463>
- 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>

- Ghalehkandi, J. G., Karamouz, H., Nazhad, H. Z. A., Sis, N. M., & Beheshti, R. (2011). Effect of different levels of zinc oxide supplement on mucosal lucine aminopeptidase enzyme activity in small intestine of male broiler chicks. *International Journal of Animal and Veterinary Advances*, 3(5): 313-315.
- Hassan, E. H., Farghaly, M. M., & Solouma, G. M. (2016). Effect of zinc supplementation from inorganic and organic sources on nutrient digestibility, some blood metabolites and growth performance of growing buffalo calves. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 19: 37-46.
- 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>
- Jia, W., Zhu, X., Zhang, W. e., Cheng, J., Guo, C., & 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.
- Jing, M. Y., Sun, J. Y., Weng, X. Y., & Wang, J. F. (2009). Effects of zinc levels on activities of gastrointestinal enzymes in growing rats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 93(5): 606-612. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.200800843x>.
- Kumar, P., Yadav, B., & Yadav, S. (2014). Effect of zinc and selenium supplementation on semen quality of Barbari bucks. *Indian Journal of Animal Research*, 48(4): 366-369. <https://doi.org/10.5958/0976-0555.2014.00457.9>
- Kumar, S., Kumar, V., Kumar, M., Vaswani, S., Kushwaha, R., Kumar, A., & Prakash, A. (2021). Comparing efficacy of nano zinc on performance, nutrient utilization, immune and antioxidant status in Haryana cattle. *Indian Journal of Animal Research*, 91(3): 707-713. <https://doi.org/10.1007/s40011-021-01276-5>
- Lee, C., & Hristov, A. N. (2013). Short communication: Evaluation of acid-insoluble ash and indigestible neutral detergent fiber as total-tract digestibility markers in dairy cows fed corn silage-based diets. *Journal of Dairy Science*, 96(8): 5295-5299. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2012-6442>
- Mallaki, M., Norouzian, M. A., & Khadem, A. A. (2015). Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization, and plasma zinc status in lambs. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 39: 75-80.
- Myers, S. A. (2015). Zinc transporters and zinc signaling: new insights into their role in type 2 diabetes. *International Journal of Endocrinology*, 2015: 167503. <https://doi.org/10.1155/2015/167503>
- NRC. (2007). Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. *The National Academies Press*. <https://doi.org/doi:10.17226/11654>
- Pandey, P., Kumar, M., Kumar, V., Kushwaha, R., Vaswani, S., Kumar, A., Shukla, P. K. (2023). The dietary supplementation of copper and zinc nanoparticles improves health condition of young dairy calves by reducing the incidence of diarrhea and boosting immune function and antioxidant activity. *Biological Trace Element Research*, 201(8): 3791-3803. <https://doi.org/10.1007/s12-03-03481-022-011>
- Porter, R. S., Kaplan, J. L., Merck, S., & Dohme. (2011). The merck manual of diagnosis and therapy (19th edition). *Merck Sharp and Dohme Corp*. Whitehouse Station, New Jersey. <http://online.statref.com/Document.aspx?grpalias=UOTIW&FxId=2>
- Raje, K., Ojha, S., Mishra, A., Munde, V., Chandrakanta, Rawat, & Chaudhary, S. K. (2018). Impact of supplementation of mineral nano particles on growth performance and health status of animals: A review. *Journal of Entomology and zoology studies*, 6(3): 1690-1694.
- Santoso, S. A. B., Puspitasari, G., Muktiani, A., Sunarso, S., & Purnomoadi, A. (2015). A study on the use of fecal characteristics for feed digestibility determination in goat. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 40(1): 59-67. <https://doi.org/10.14710/jitaa.40.1.59-67>
- Sharma, V., Shukla, R. K., Saxena, N., Parmar, D., Das, M., & Dhawan, A. (2009). DNA damaging potential of zinc oxide nanoparticles in human epidermal cells. *Toxicology Letters*, 185(3): 211-218. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2009.01.008>
- Singh, K., Maity, S., & Maity, A. (2018). Effect of nano zinc oxide on zinc bioavailability and

- blood biochemical changes in pre-ruminant lambs. *Indian Journal of Animal Science*, 88: 805-807.
- Singh, K., Maity, S., & Maity, A. (2019). Supplementary effect of different levels of nano zinc oxide on zinc bioavailability and blood metabolites in lambs. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 36(1): 83-87.
- Song, C., Gan, S., He, J., & Shen, X. (2021). Effects of nano-zinc on immune function in qianbei-pockmarked goats. *Biological Trace Element Research*, 199(2): 578-584. <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02182-z>
- 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 edition, CABI, Cambridge. <https://books.google.com/books?id=SRcEZVPbVRQC>
- Ukanwoko, A. I., Ironkwe, M. O., & Nmecha, C. (2013). Growth performance and hematological characteristics of west african dwarf goats fed oil palm leaf meal cassava peel based diets. *Journal of Animal Production Advances*, 3: 1-5.
- Ulutaş, E., Eryavuz, A., Bülbül, A., Rahman, A., Küçükkurt, İ., & Uyarlar, C. (2020). Effect of zinc supplementation on hematological parameters, biochemical components of blood and rumen fluid, and accumulation of zinc in different organs of goats. *Pakistan Journal of Zoology*, 52(3).
- van der Horst, G., & Maree, L. (2022). Origin, migration, and reproduction of indigenous domestic animals with special reference to their sperm quality. *Animals*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/ani12050657>
- 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](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>
- Wang, C., Xu, Y. Z., Han, L., Liu, Q., Guo, G., Huo, W. J., Zhang, S. L. (2021). Effects of zinc sulfate and coated zinc sulfate on lactation performance, nutrient digestion and rumen fermentation in Holstein dairy cows. *Journal of Livestock Science*, 251: 104673. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104673>
- Wei, J., Ma, F., Hao, L., Shan, Q., & Sun, P. (2019). Effect of differing amounts of zinc oxide supplementation on the antioxidant status and zinc metabolism in newborn dairy calves. *Journal of Livestock Science*, 230: 103819. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103819>
- Yuusf, A. O., Adeyi, T. K., Sowande, O. S., Oni, A. O., & Olowookere, V. O. (2022). Nano zinc oxide supplementation improves growth performance and health of west african dwarf goats. *Egyptian Journal of Animal Production*, 59(2): 69-78. <https://doi.org/10.21608/ejap.2022.102853.1026>
- Zhang, W., Wang, R., Kleemann, D. O., Lu, D., Zhu, X., Zhang, C., & Jia, Z. (2008). Effects of dietary copper on nutrient digestibility, growth performance and plasma copper status in cashmere goats. *Journal of Small Ruminant Research*, 74(1): 188-193. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.06.010>
- Ziaecian, A. H., & Malakouti, M. J. (2001). Effects of Fe, Mn, Zn and Cu fertilization on the yield and grain quality of wheat in the calcareous soils of Iran. *Plant Nutrition*, 840-841. https://doi.org/10.1007/0-306-47624-X_409

