Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Ruminant Research

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

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

Hamidreza Taghian[1*], Kian Sadeghi[2]

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

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

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received:
Revised:
Accepted:

Keywords:
Digestibility
Murciana buck
Zn nanoparticles
Zn-methionine
Zn sulfate

ABSTRACT

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, which should be included in the diet of ruminants on a daily basis. Researches have shown that more growth performance improvement is obtained by adding organic or nanoparticles of Zn compared to $ZnSO_4$. According to the researches, feeding different sources of Zn improves the digestibility of nutrients. 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.

Materials and methods: Forty Murciana bucks (with an average age of approximately 1.5 year and an average body weight of 43±1.54 kg) were applicated 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 ZnSO4, 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 and through the ELISA device. All data were analyzed through the statistical model of completely random design and by the analysis of variance method.

Results: In this research, feeding Zn supplement improved the average daily gain, average daily feed intake and feed conversion

PROOF

ratio (P≤ 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≤ 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≤ 0.05), but the plasma concentrations of malondialdehyde, aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase enzymes were decreased significantly in the animals fed Zn supplements (P≤ 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 in order 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 ZnMet 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), .

© The Author(s).
DOI:
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

PROOF

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

اثر منابع روی بر عملکرد، گوارش‌پذیری و شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی خون در بزهای نر مورسیا

حمیدرضا تقیان[1*]، کیان صادقی[2]

[1] گروه علوم‌دامی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: hamidreza.taghian@ut.ac.ir
[2] گروه علوم‌دامی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: kian.sadeghi@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت:
تاریخ ویرایش:
تاریخ پذیرش:

واژه‌های کلیدی:
بز مورسیا
روی-متیونین
سولفات روی
گوارش‌پذیری
نانو ذرات روی

چکیده

سابقه و هدف: بز به‌عنوان حیوانی چند منظوره برای اقتصاد و تأمین مواد غذایی برای جوامع شهری و روستایی حائز اهمیت می‌باشد. روی یکی از محدود کننده‌ترین مواد معدنی کم‌مصرف بوده که بایستی به‌صورت روزانه در جیره غذایی نشخوارکنندگان گنجانده شود. تحقیقات نشان‌داده‌اند که بهبود عملکرد رشد بهتری با افزودن ترکیبات آلی روی و نانو ذرات روی نسبت به سولفات روی به‌دست آمده است. مطابق با پژوهش‌های انجام شده، تغذیه منابع مختلف روی نیز سبب بهبود گوارش‌پذیری مواد مغذی می‌شوند. در پژوهش‌هایی که در آن مکمل روی به جیره‌های غذایی افزوده‌شده بود، وضعیت آنتی‌اکسیدانی حیوانات موردمطالعه بهبود پیدا کرد. ازآنجایی‌که منابع مختلف روی زیست‌فراهمی متفاوتی دارند و مطالعات اندکی پیرامون اثرات منابع مختلف روی بر تغییرات وزن بدن، گوارش‌پذیری مواد مغذی و وضعیت آنتی‌اکسیدانی بز انجام‌شده است، آزمایش حاضر به منظور بررسی اثر منابع روی بر عملکرد، گوارش‌پذیری و شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی خون در بزهای نر مورسیا اجرا شد.

مواد و روش‌ها: ۴۰ رأس بز نر مورسیا (با میانگین سنی تقریباً ۱/۵ سال و میانگین وزن زنده ۱/۵۴±۴۳ کیلوگرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی به مدت ۶۰ روز مورد آزمایش قرار گرفتند. بزها به‌طور تصادفی به ۴ تیمار آزمایشی و ۱۰ تکرار 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 و دام‌ها دسترسی آزاد به آب داشتند. نمونه‌های خون در روز ۶۰ آزمایش با استفاده از لوله‌های تحت خلأ حاوی ماده ضد انعقاد خون جمع‌آوری شدند. تجزیه شیمیایی نمونه‌های خوراک از طریق روش‌های استاندارد آزمایشگاهی برای ماده خشک، خاکستر خام، پروتئین خام، چربی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی انجام شد. گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی از طریق روش خاکستر نامحلول در اسید تعیین شدند. فعالیت آنزیم‌های پلاسمایی با استفاده از کیت‌های تجاری و از طریق دستگاه الایزا اندازه‌گیری شدند. داده‌های به‌دست‌آمده از طریق مدل آماری طرح کاملاً تصادفی و به روش آنالیز واریانس واکاوی شدند.

PROOF

یافته‌ها: در این پژوهش تغذیه انواع مکمل روی سبب بهبود میانگین افزایش وزن روزانه، میانگین خوراک مصرفی روزانه و ضریب تبدیل خوراک شد (P≤۰/۰۵). همچنین افزودن مکمل روی فارغ از منبع آن، سبب بهبود گوارش‌پذیری ظاهری پروتئین خام، ماده آلی و الیاف نامحلول شوینده خنثی شد (P ≤ ۰/۰۵). غلظت پلاسمایی آنزیم‌های آلکالین فسفاتاز و سوپراکسید دیسموتاز در تیمارهای تغذیه‌شده با مکمل روی نسبت به گروه شاهد افزایش یافتند (P≤ ۰/۰۵) اما غلظت پلاسمایی مالون‌دی‌آلدئید، آسپارتات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز در دام‌های تغذیه‌شده با انواع مکمل روی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (P ≤ ۰/۰۵).

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 تغذیه شده با سولفات روی به ویژه در شرایطی که حیوان در شرایط کمبود حاشیه‌ای روی باشد مقرون به‌صرفه می‌باشد زیرا سبب افزایش گوارش‌پذیری مواد مغذی، عملکرد تولیدی بهینه و بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی مشابه با منابع گران‌قیمت استفاده شده در تیمارهای روی-متیونین و نانو ذرات روی گردید.

استناد: تقیان، حمیدرضا؛ صادقی، کیان. (۱٤۰٤). اثر منابع روی بر عملکرد، گوارش پذیری و شاخص‌های آنتی اکسیدانی خون در بزهای نر مورسیا. *پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۱۳(۱)،

DOI:

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

PROOF

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 و 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 همکارن، 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؛ Abd 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). ازآنجایی‌که کمبود روی در علوفه‌های تولیدشده در مناطق مختلف ایران به دلیل فقر این عنصر در خاک وجود دارد (Ziaeian 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 زیست فراهمی، اثربخشی و خاصیت آنتاگونیستی[1] (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 مورسیا، آزمایش حاضر به‌منظور بررسی اثر منابع روی

[1]. Antagonist

PROOF

بـــر عملکـــرد، گـــوارش‌پـــذیری و شـــاخص‌های آنتی‌اکسیدانی در بزهای نر مورسیا طراحی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مجتمع بـزداری صـنعتی شـرکت مگسال واقـع در شهرسـتان آبیـک اسـتان قـزوین در مهرماه سال ۱٤۰۲ با استفاده از ٤۰ رأس بز نر مورسیا انجام شد. دام‌ها با میانگین سـنی تقریبـاً ۱/۵ سـال و میانگین وزن زنده ۱/۵٤ ± ٤۳ کیلوگرم که از سـلامتی عمومی مناسبی برخوردار بودند در قفس‌های انفـرادی مقید و به مدت ٦۰ روز در قالب طرح کاملاً تصـادفی مورداستفاده قرار گرفتنـد. بزهـای مـورد آزمـایش بـر اساس وزن اولیه به‌طور تصادفی و بـا در نظـر گـرفتن ۱۰ تکرار (جمعاً ٤۰ رأس) به ٤ تیمار آزمایشی تقسیم شدند که شامل: ۱) جیره پایه (حاوی ۱۹/۹۵ میلی‌گرم در کیلوگرم روی بدون مکمل)، ۲) جیره پایـه حـاوی ۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی، ۳) جیره پایه حاوی ۳۲ میلـی‌گـرم در کیلـوگرم روی-متیـونین، ٤) جیره پایه حاوی ۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم نـانو ذرات روی بودند. جیره‌های آزمایشی و ترکیبـات شـیمیایی آن‌ها در جدول ۱ نشان داده‌شده است. تمام جیره‌های آزمایشی به نحوی متعادل شـدند کـه ضـمن یکسـان بودن میزان پروتئین و انرژی، احتیاجات مـواد مغـذی موردنیـاز بزهـا را مطـابق توصـیه‌های انجمـن ملـی تحقیقـات فـراهم مـی‌نمودنـد (NRC، ۲۰۰۷). تمـام جیره‌های غذایی به‌طور روزانه تهیه و به‌صورت کاملـاً مخلوط‌شده در دو وعده صبح (ساعت ۸:۰۰) و عصـر (ساعت ۱٦:۰۰) در اختیار حیوانات قرار می‌گرفـت و همچنین دسترسی آزاد به آب تازه نیز وجـود داشـت. در این آزمایش از سولفات روی (شرکت دامیار جامع، تهران، ایران)، روی-متیونین (شرکت دانش‌بنیان آریانا، مشهد، ایران)، نانو ذرات روی تهیه‌شده در آزمایشـگاه تغذیه دام دانشگاه تهران، کرج مطابق با روش Dhoke (۲۰۲۳) استفاده شد. با توجه بـه توصـیه‌های انجمـن ملی تحقیقـات بزهـای نـر بـا میـانگین وزن بـدن ٤۰ کیلوگرم، مقدار ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشـک به روی نیاز دارند؛ بنابراین بـا توجـه بـه مقـدار روی موجـود در جیـره پایـه و بـا در نظـر گـرفتن میـزان گوارش‌پذیری ظاهری، ضـریب جـذب (٦۰ الـی ۷۰ درصـد) و احتمـال وجـود ترکیبـات مداخلـه‌گر (آنتاگونیست)، مقدار ۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم مکمـل روی بر اساس ماده خشک مصرفی برای هـر رأس در نظر گرفته شد. مکمل‌های روی ابتدا با مقداری از جو آسیاب شده مخلوط و سـپس بـه صـورت سـرک بـه خوراک وعده صبح اضافه می‌گردید (بر اسـاس مـاده خشک مصرفی روزانه).

جمع‌آوری نمونه‌ها: قبل از شروع آزمـایش، عملیـات وزن‌کشی انجام و بر همین اساس بزهـا در تیمارهـای مختلف به‌صورت تصادفی گروه‌بندی شدند. در ابتدای هر روز قبل از عرضه خوراک، باقی‌مانده خوراک روز قبل جمع‌آوری و توزین و بر اساس آن مقدار خوراک مصرفی روز بعد تعیین شـد. در روزهـای ٥٤ الـی ٦۰ آزمایش برای تعیین قابلیت هضم جیره‌های آزمایشـی اقدام شـد. در طـی ایـن ۷ روز باقی‌مانـده خـوراک و مدفوع دام‌ها به‌صورت روزانه (صبح و ظهر) همراه بـا خوراک مصرفی جمـع‌آوری و بلافاصـله پـس‌ازآن بـه آزمایشگاه جهت تعیـین گوارش‌پـذیری مـواد مغـذی منتقل شدند (Santoso و همکاران، ۲۰۱۵).

نمونـه‌برداری خـون در روز ٦۰ آزمـایش قبـل از مصرف خـوراک بـا اسـتفاده از لولـه‌های تحـت خلـأ حاوی ماده ضد انعقاد خون از سیاهرگ گردنی انجـام شد. نمونه‌های خون بـه مـدت ۱۵ دقیقـه بـا سـرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه در دمای چهار درجـه سلسـیوس سانتریفیوژ شدند و سپس پلاسماهای به‌دست‌آمـده در فریزر ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند.

آنالیز نمونه‌ها

آنالیز شیمیایی نمونه‌های مربوط به خوراک پس از خشک نمودن از طریق آون در دمای ٦٠ درجه سلسیوس (به‌مدت ٧٢ 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، ٢٠٠٦). به‌منظور تعیین الیاف نامحلول در شوینده خنثی از طریق روش استاندارد با استفاده از سدیم سولفات و آلفا آمیلاز پایدار در برابر حرارت (١٠٠ میکرولیتر به ازای ٠/٥ گرم نمونه) توسط دستگاه آنکوم تک (اصفهان، ایران) انجام شد (Van Soest و همکاران، ١٩٩١). همچنین میزان کربوهیدرات‌های غیر الیافی از رابطه ذیل محاسبه گردید (AOAC، ٢٠٠٦).

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

همچنین پس از تعیین میزان ماده خشک و مواد مغذی موجود در نمونه‌های خوراک و مدفوع، تعیین گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی با استفاده از نشانگر داخلی خاکستر نامحلول در اسید انجام شد (Lee و Hristov، ٢٠١٣). برای این کار، ٢/٥ گرم نمونه خشک‌شده در آون به مدت ٢٤ ساعت در کوره با دمای ٤٥٠ درجه سلسیوس گذاشته شد و سپس خاکستر به داخل بشر منتقل گردید و سپس ٥٠ 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 ٤١) عبور داده و با ١٠٠ میلی‌لیتر آب مقطر با دمای ٩٠ درجه سلسیوس جهت اسیدزدایی شستشو داده شد. باقی‌مانده مواد روی کاغذ صافی به همراه کاغذ صافی به بوته چینی که قبلاً توزین شده بود، منتقل گردید و به مدت یک شبانه‌روز در دمای ٤٥٠ 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.

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

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

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، ٢٠٠٧).

ارزیابی فعالیت برخی از آنزیم‌های پلاسمای خون شامل آلکالین فسفاتاز، آسپارتات 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 (بی‌تی ١٥٠٠، 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 مورداستفاده قرار گرفت که از طریق مدل آماری طرح کاملاً تصادفی به روش آنالیز واریانس و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS[٢] (نسخه ٩,١) و رویه ترکیب‌شده[٣] و مدل آماری زیر واکاوی گردید.

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

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

٢. Statistical analysis system

٣. Mixed

PROOF

Y_{ijk} =مقدار هر مشاهده، μ = میانگین کل متغیر موردبررسی، T_i = اثر تیمار، Bx_{ij} = کوواریت متغیر، e_{ijk} = اثر خطای آزمایش.

وزن اولیه بزها به‌عنوان عامل کوواریت به‌منظور 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	Alfalfa hay	یونجه خشک
4	Wheat straw	کاه گندم
14	Barley grain	دانه جو
14	Corn grain	دانه ذرت
6	Soybean meal	کنجاله سویا
2	Wheat straw	سبوس گندم
	Nutrients composition	ترکیب مواد مغذی
89.90	Dry matter (%)	ماده خشک (درصد)
81.61	Organic matter (%)	ماده‌آلی (درصد)
14.43	Crude protein (%)	پروتئین‌خام (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 (%)	کربوهیدارت‌های 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 (مگاکالری در کیلوگرم)

انرژی قابل متابولیسم بر اساس مگاکالری 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 توصیه‌شده (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[٤] بالا می‌باشند دارد به نحوی که سبب کاهش اشتها و کاهش بازدهی خوراک مصرفی، کند نمودن یا ایجاد نقص در رشد از طریق اثر گذاری بر هورمون رشد و ایجاد ضعف در سیستم ایمنی را در پی دارد. نتایج مربوط به تغییرات وزن بدن با تغذیه منابع

[٤] Turnover

PROOF

مختلف روی در جدول ۲ ارائه‌شده 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 تغذیه‌شده (سولفات روی، روی-متیونین، نانو ذرات روی) مشاهده نشد (P≥ 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 انجام‌شده در گاومیش (Hassan و همکاران، ۲۰۱٦) 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 (Gargو 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 ۳٤ میلی‌گرم در کیلوگرم روی بود، سبب افزایش معنی‌دار میانگین افزایش وزن روزانه، میانگین ماده خشک مصرفی روزانه و بهبود ضریب تبدیل خوراک در تیمارهای تغذیه‌شده 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 ٤۵ میلی‌گرم در کیلوگرم از سولفات 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 تغذیه‌شده با روی متیونین و سولفات روی گردید (Hassan و همکاران، ۲۰۱٦). افزودن ٤۰ 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 تغذیه‌شده با روی-متیونین شد و بر خلاف نتیجه پژوهش حاضر افزودن سولفات روی تأثیر معنی‌داری بر فراسنجه‌های مذکور نداشت (Chavan و همکاران، ۲۰۲۱). همسو با نتایج پژوهش حاضر افزودن مقادیر

PROOF

۳۰ و ٦۰ میلی‌گرم 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 (٦۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) به جیره پایه حاوی ۲۸/۱۱ میلی‌گرم 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 به‌دست آمده از این پژوهش، افزودن ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی و مقادیر ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانو ذرات روی به جیره پایه گوساله‌های نژاد هیرانا که حاوی ۲۲/۷۲ میلی‌گرم در کیلوگرم روی بود، هیچ تأثیر معنی‌داری بر تغییرات وزن بدن یا ضریب تبدیل خوراک نداشت (Kumar و همکاران، ۲۰۲۱).

احتمالاً دلیل این نتایج مثبت در پژوهش حاضر، تحریک رشد جبرانی از طریق روی جذب‌شده 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 اثر گذاری 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 اثر گذار است؛ بنابراین، پروتئین‌هایی که روی را انتقال می‌دهند، احتمالاً فرآیندهای سیگنال‌دهی سلولی را تسهیل نموده که همین امر با تعدیل غلظت روی سیتوزولی، به کنترل قند خون در بافت‌های محیطی کمک می‌کنند (Myers، ۲۰۱۵).

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	تیمارها 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.

داده‌های مربوط به گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی مربوط به هریک از تیمارهای آزمایشی در جدول ۳ ارائه‌شده است. در این پژوهش میزان گوارش‌پذیری ظاهری پروتئین خام (P= 0.004)، گوارش‌پذیری ماده آلی (P= 0.004) و گوارش‌پذیری ظاهری الیاف نامحلول در شوینده خنثی (P= 0.024)

PROOF

در تیمارهای تغذیه‌شده 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≤ 0.05). نتیجه این پژوهش با نتایج سایر مطالعات انجام‌شده در بز (Jia و همکاران، ۲۰۰۹) بره‌های نر (Mallaki و همکاران، ۲۰۱۵؛ VanValin و همکارن، ۲۰۱۸؛ Alimohamady و همکاران، ۲۰۱۹) و گوساله‌های نر (Hassan و همکاران، ۲۰۱٦) و گاوهای شیرده هلشتاین (Wang و همکاران، ۲۰۲۱) مطابقت دارد. بااین‌حال، 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 مطابقت دارد (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، ۲۰۱٦؛ 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 مورد استفاده 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.

PROOF

جدول ۳- اثر مکمل نمودن جیره با منابع مختلف روی بر گوارش‌پذیری 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.

نتایج مربوط به فعالیت آنزیم‌های پلاسمایی در جدول ٤ گزارش‌شده 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)، آسپارتات آمینوترانسفراز (P=0.002) و مالون‌دی‌آلدئید (P= 0.019) در تیمارهای تغذیه‌شده 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 تغذیه‌شده با انواع مکمل روی مشاهده نشد (P> 0.05).

در پژوهش حاضر فعالیت آنزیم‌های مرتبط با سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن در تیمارهای تغذیه‌شده با انواع مکمل روی نسبت به گروه شاهد تغییر یافتند (P≤ 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 ٦۰ روز شد (Kumar و همکاران، ۲۰۱٤). علاوه بر این، افزودن انواع مختلف روی (نانو ذرات روی و اکسید روی) به میزان ٦۰ 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 آسپارتات آمینوترانسفراز نیز در هر دو تیمار تغذیه‌شده 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 تغذیه‌شده با ٤۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اکسید روی با تیمارهای تغذیه‌شده با مقادیر ٤۰، 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

PROOF

افزودن مقادیر بسیار زیاد از سولفات روی (سطوح ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) به جیره غذایی بزهای 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 میلی‌گرم 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 تغذیه‌شده با انواع مکمل روی، احتمالاً میزان گونه‌های فعال اکسیژن توسط این آنزیم کاهش‌یافته و در ادامه سبب کاهش میزان غلظت مالون‌دی‌آلدئید شده است.

همسو با نتیجه این پژوهش، افزودن ۳۰ میلی‌گرم 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 بزهای آفریقایی سبب افزایش غلظت پلاسمایی آنزیم آلکالین فسفاتاز شد (Yuusf و همکاران، ۲۰۲۲). بر خلاف نتیجه پژوهش حاضر، مکمل نمودن مقدار ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم 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 پلاسمای خون کاهش می‌یابد. بنابراین با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده در این پژوهش برای این آنزیم، به نظر می‌رسد احتمالاً کمبود روی در گروه شاهد سبب کاهش غلظت پلاسمایی این آنزیم نسبت به تیمارهای تغذیه‌شده با انواع مکمل روی می‌باشد؛ زیرا محدوده طبیعی برای این آنزیم بین ٦١ الی ٢٨٣ واحد بر لیتر گزارش‌شده است (Porter و همکاران، ۲۰۱۱؛ Yuusf و همکاران، ۲۰۲۲).

همسو با نتایج پژوهش حاضر، افزودن ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی به جیره پایه گوساله‌های نر که حاوی ۲۸/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم روی بود، سبب کاهش فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز گردید اما بر خلاف پژوهش حاضر میزان فعالیت آنزیم آسپارتات 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، ٢٠١٦). در پژوهشی دیگر افزودن ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از انواع مکمل روی شامل سولفات روی، روی-متیونین، روی-گلایسین، روی-پروتئینات به جیره غذایی بره‌های نر، مطابق با پژوهش حاضر کاهش غلظت پلاسمایی آنزیم آسپارتات 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

۵. Reactive oxygen species (ROS)

PROOF

پژوهشی دیگر افزودن مقدار ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانو ذرات روی به جیره غذایی بزهای نر سبب کاهش غلظت پلاسمایی آنزیم آسپارتات 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 آسپارتات 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 آسپارتات 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 آسپارتات آمینوترانسفراز مشاهده نشد (Kumar و همکاران، ۲۰۲۱).

مطابق مطالعات انجام‌شده، 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 آسپارتات 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 ازآنجایی‌که غلظت روی در جیره پایه با احتساب زیست‌فراهمی آن بسیار پایین‌تر از حد نرمال بوده است، افزودن مکمل روی نه‌تنها 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 تغذیه‌شده با انواع مکمل روی شده است.

جدول٤- 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

P-value	SEM	تیمارها[1] Treatments				فراسنجه‌ها Items
		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	آسپارتات 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.

PROOF

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 گوارش‌پذیری مواد مغذی، ایجاد اثرات متالوآنزیمی (مؤثر در سنتز و ترشح انواع آنزیم‌ها) و درنهایت ارتقای سیستم آنتی‌اکسیدانی 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 تغذیه شده با سولفات روی به ویژه در شرایطی که حیوان در شرایط کمبود حاشیه‌ای روی باشد مقرون به‌صرفه می‌باشد زیرا سبب افزایش گوارش‌پذیری مواد مغذی، عملکرد تولیدی بهینه و بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی مشابه با منابع گران‌قیمت استفاده شده 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 Internatioanal.Maryland. USA.

Attia, Y. A., Abd Al-Hamid, A. E., Zeweil, 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 haematobiochemical 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 Hariana 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 diarrhoea 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

PROOF

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 haematological 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

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

Ziaeian, 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