Animal Production Research

Vol. 14, No. 2, 2025 (47-57)
doi: 10.22124/ar.2025.29022.1866
eISSN: 2538-6107 pISSN: 2252-0872

University of Guilan

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effect of slow-release bolus containing zinc, selenium, copper, cobalt, manganese, and iodine on the growth performance and blood parameters of Mehraban male lambs

M. Farhadi, H. Aliarabi*, D. Alipour, R. Sedighi-Vesagh

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

(Received: 12-01-2025 – Revised: 04-03-2025 – Accepted: 09-03-2025 – Available online: 13-04-2025)

Abstract

Introduction: Trace minerals are essential for supporting the growth and health of animals. Trace element deficiencies are common in many countries and affect animal health, productivity, and welfare. Trace element imbalance conditions may be manifested as a result of a single or multiple element deficiency. The trace elements of selenium, copper, zinc, manganese, iodine, and cobalt are involved in the immune function of domestic farm animals and will therefore potentially have roles in the etiology of infectious diseases of animals. In addition, many structural proteins, enzymes, and cellular proteins rely on the presence of these minerals to function properly. Among them, the activation of enzymes, strengthening the immune system, and improving performance can be mentioned. Zinc is essential for the metabolism of carbohydrates, proteins, and nucleic acids. Selenium is part of the glutathione peroxidase enzyme, which plays an important role in protecting the cell membrane and oxidative processes. In addition, selenium plays an important role in the protection of the thyroid gland as well as the metabolism of thyroid hormones, and selenium deficiency causes the destruction of mitochondrial and cell membranes. Copper is essential for growth and the prevention of pathological and clinical problems in animals. Copper deficiency can cause anemia, bone disorders, connective tissue disorders, insufficient growth of lambs, and abortion. Manganese is an essential element in bone growth, reproduction, and the functioning of the nervous and immune system. Cobalt is another essential element that is underutilized in ruminants. Cobalt is part of vitamin B_{12} and plays a role in protein and energy metabolism. The most important task of iodine in the body is the synthesis of thyroid hormones. Using supplemental feed as a trace element carrier incurs the costs of both feed and labour if additional feed is not required. Free access minerals, mineral licks, and blocks are subject to variable intakes, with animals consuming between nothing and many times the required intake. Daily supplementation has a short-term effect and is impractical for systems such as grazing, where manual feeding is not possible. Methods such as injection, which provide specific doses at regular intervals, are suitable for elements with storage capability in the body, but injection is also an expensive and time-consuming practice. Oral dosing with trace element drenches is another possible alternative. Although this ensures that each animal receives a dose, it may need regular handling, storage mechanisms for the element, and/or a high animal tolerance to the levels of element given for long-term dosing. The use of slow-release boluses can provide a certain amount of minerals to the animal over time. It has been reported that the use of slow-release bolus containing copper, cobalt, and selenium has improved the performance of sheep compared to the control group. This experiment aimed to determine the effect of a slow-release bolus containing zinc, selenium, copper, cobalt, manganese, and iodine (multitace) on the performance and blood parameters of Mehraban male lambs.

* Corresponding author: H_Aliarabi@yahoo.com

CC BY

Materials and methods: 14 Mehraban male lambs aged 5.5 months with an average weight of 29±2 kg were used in a completely randomized design in two treatments and seven replicates. The control group received a basal diet, and the bolus treatment group received a basal diet + slow-release bolus. The slow-release bolus used in this study contained 150000 ppm Zn, 2282.5 ppm Se, 21600 ppm Cu, 2574 ppm Co, 20250 ppm Mn, and 2125 ppm I and released 150 to 200 mg daily on average. Bolus was administered on day 0 before feeding *via* a bolus gun. The experiment lasted for 56 days. To obtain the amount of feed consumed (based on dry matter), daily feed consumption and its residue were measured. Lambs were weighed on the first day of the experiment and on days 14, 28, 42, and 56 of the experiment to determine weight changes and performance of lambs. Blood samples were taken on the first and last days of the experiment before the morning meal. Alkaline phosphatase (ALP), alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), mineral elements concentration (zinc, copper, iron, calcium, and phosphorus), total protein, albumin, globulin, and blood urea nitrogen concentrations were measured. Data were analyzed in a completely randomized design using the GLM procedure of SAS 9.1 software.
Results and discussion: Although the final weight and feed conversion ratio in the lambs receiving bolus showed a numerically higher value than the control, statistically, no significant difference was observed in the measured parameters. Blood parameters, including liver enzyme activities, concentrations of total protein and globulin, showed no significant difference between the treatments, but the blood serum albumin was significantly higher in lambs that received a bolus than in control lambs ($P<0.05$). Plasma zinc concentration also increased significantly in the group receiving bolus compared to the control group ($P<0.05$). Different results have been reported in different studies using slow-release mineral boluses. The differences in results between studies probably depend on the amount of minerals in the basal diet, the age and species of the animals, and the geographical conditions. It seems that in the present study, the amount of minerals in the basal diet was close to the level required by growing lambs, and the slow-release bolus did not have much effect on the performance of the lambs. In the present study, the significant difference in albumin levels between the treatment and control groups may be due to the positive effect of the bolus, especially the zinc element contained in it, on protein synthesis.
Conclusions: In general, the use of slow-release bolus containing zinc, selenium, copper, cobalt, manganese, and iodine affected the concentration of albumin and zinc element, and a significant difference was observed in the group receiving the bolus and the control group. But it had no significant effect on the performance of lambs, liver enzyme activities, and the concentration of other mineral elements and blood protein parameters. According to the results, although the difference in performance was not significant, the daily weight gains of lambs receiving the bolus were about six percent higher than the control group, and this could improve efficiency.
Keywords: Fattening lamb, Slow-release bolus, Performance, Blood parameters, Trace elements
Ethics statement: This study was conducted with the full consideration of animal welfare and the approval of this study was granted by the Ethics Committee of Bu-Ali Sina University, Iran.
Data availability statement: The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.
Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.
Funding: The authors received no specific funding for this project.

How to cite this article:

Farhadi, M., Aliarabi, H., Alipour, D., & Sedighi-Vesagh, R. (2025). Effect of slow-release bolus containing zinc, selenium, copper, cobalt, manganese, and iodine on the growth performance and blood parameters of Mehraban male lambs. *Animal Production Research*, *14*(2), 47-57. doi: 10.22124/ar.2025.29022.1866

تحقیقات تولیدات دامی

سال چهاردهم/شماره دوم/تابستان ۱۴۰۴ (۵۷-۴۷)

Animal Production Research

دانشگاه گیلان

مقاله پژوهشی

اثر بلوس آهسته‌رهش حاوی روی، سلنیوم، مس، کبالت، منگنز و ید بر عملکرد رشد و فراسنجه‌های خونی بره‌های نر مهربان

مریم فرهادی، حسن علی‌عربی*، داریوش علیپور، رضا صدیقی وثاق

گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۳ – تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۱۴ – تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۹ – تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۴/۰۱/۲۴)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر بلوس‌های آهسته‌رهش حاوی عناصر روی، سلنیوم، مس، کبالت، منگنز و ید (مولتی تریس) بر عملکرد و فراسنجه‌های خونی، از ۱۴ راس بره نر مهربان با میانگین وزن ۲±۲۹ کیلوگرم و میانگین سنی ۵/۵ ماه در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو تیمار و هفت تکرار به‌مدت ۵۶ روز استفاده شد. بره‌ها در گروه شاهد فقط جیره پایه را دریافت کردند، اما بره‌های اختصاص یافته به تیمار بلوس علاوه بر جیره پایه، بلوس آهسته‌رهش نیز دریافت نمودند. میزان خوراک مصرفی دام‌ها به‌صورت روزانه اندازه‌گیری شد. همچنین، وزن‌کشی بره‌ها به‌صورت هفتگی انجام شد. خون‌گیری از دام‌ها در ابتدا و انتهای آزمایش قبل از خوراک وعده صبح با اعمال گرسنگی و تشنگی ۱۲ ساعته به‌عمل آمد. غلظت آنزیم‌های آلکالین فسفاتاز، آلانین آمینوترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز، غلظت عناصر معدنی (روی، مس، آهن، کلسیم و فسفر)، و غلظت پروتئین کل، آلبومین، گلوبولین و نیتروژن اوره‌ای خون اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد میزان مصرف خوراک، وزن بدن و میانگین افزایش وزن روزانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر جیره قرار نگرفت. بین تیمارها از نظر غلظت آنزیم‌های کبدی، پروتئین کل و گلوبولین، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، ولی غلظت آلبومین سرم خون در دام‌های دریافت‌کننده بلوس به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (۴/۷۳ در برابر ۴/۳۸ گرم بر دسی‌لیتر) ($P<۰/۰۵$). غلظت روی پلاسما نیز در گروه دریافت‌کننده بلوس به‌طور معنی‌داری بالاتر از گروه شاهد بود (۱/۳۷ در برابر ۱/۲۴ میلی‌گرم بر لیتر)($P<۰/۰۵$). در مجموع، اگرچه تفاوت در عملکرد معنی‌دار نبود، اما افزایش وزن روزانه دام‌های دریافت‌کننده بلوس حدود شش درصد بالاتر از گروه شاهد بود که می‌تواند به بهبود بهره‌وری کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: بره پرواری، بلوس آهسته‌رهش، عملکرد، فراسنجه‌های خونی، مواد معدنی کم‌مصرف

* نویسندهٔ مسئول: H_Aliarabi@yahoo.com

doi: 10.22124/ar.2025.29022.1866

مقدمه

مواد معدنی کم‌مصرف هرچند به مقادیر اندک مورد نیاز بدن هستند، اما وظایف مهم و حیاتی بر عهده دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به فعال‌سازی آنزیم‌ها، تقویت سیستم ایمنی و بهبود عملکرد اشاره نمود (Aliarabi et al., 2017). بسیاری از پروتئین‌های ساختاری، آنزیم‌ها و پروتئین‌های سلولی برای عملکرد صحیح به وجود این مواد معدنی متکی هستند (Spears et al., 2004). از جمله عناصر کم‌مصرف می‌توان به روی، منگنز، مس، کبالت، سلنیوم و ید اشاره کرد که برای عملکرد مناسب بسیاری از جنبه‌های سوخت و ساز سلولی از جمله: کوفاکتور، فعال‌کننده آنزیم‌ها و هم‌چنین، تثبیت‌کننده ساختار مولکولی ثانویه، ضروری هستند. عنصر روی جهت سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک ضروری است (Hosnedlova et al., 2007). سلنیوم بخشی از آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز است که در محافظت از غشای سلول و فرآیندهای اکسیداتیو نقش مهمی دارد. بعلاوه، سلنیوم در محافظت از غده تیروئید و همچنین، سوخت و ساز هورمون‌های تیروئیدی نقش مهمی دارد و کمبود سلنیوم سبب تخریب غشاء میتوکندری و غشاء سلولی می‌شود (Awadeh et al., 1998). مس برای رشد و جلوگیری از مشکلات پاتولوژیکی و بالینی در حیوانات ضروری است (Underwood & Suttle, 1999). کمبود مس می‌تواند سبب کم‌خونی، اختلالات استخوانی، اختلالات بافت‌های پیوندی، رشد ناکافی بره‌ها و سقط جنین شود (Thompson et al., 1994). منگنز نیز عنصری ضروری در رشد استخوان، تولیدمثل و بهبود عملکرد سیستم عصبی و ایمنی است (Hurley et al., 1981). یکی دیگر از عناصر ضروری کم‌مصرف در نشخوارکنندگان، کبالت است. کبالت قسمتی از ویتامین B_{12} بوده و در سوخت و ساز پروتئین و انرژی نقش دارد (Kadim, 2003). مهم‌ترین وظیفه ید در بدن، ساخت هورمون‌های تیروئیدی است و کمبود آن سبب ایجاد اختلال در تکامل مغز، اختلال در تولیدمثل، کاهش رشد و اختلال در فعالیت غده تیروئید شده که همین موضوع منجر به ایجاد گواتر می‌شود (Zimmermann et al., 2006).

با توجه به اینکه خوراندن مواد معدنی در روش‌های سنتی، مشکلاتی چون هزینه بالا، عدم استفاده مناسب و کافی از تمام مواد معدنی مورد نیاز را در پی دارد، با استفاده از بلوس‌های آهسته‌رهش می‌توان مقدار و دوز مشخصی از مواد معدنی را به مرور و در بازه زمانی چند ماهه در اختیار حیوان قرار داد (Kendall et al., 2012). بلوس‌های آهسته‌رهش می‌توانند عناصر کم‌مصرف را برای مدت طولانی فراهم کنند. گزارش شده است که استفاده از بلوس‌های آهسته‌رهش مس، کبالت و سلنیوم موجب بهبود عملکرد گوسفندان نسبت به گروه شاهد شده است (Kendall et al., 2012). استفاده از این روش خصوصاً برای دام‌هایی که با روش‌های سنتی و عشایری و با استفاده از چراگاه نگه‌داری می‌شوند بسیار مناسب است (Aliarabi & Fadayifar, 2015). گزارش شده است که بلوس‌های آهسته‌رهش حاوی کبالت، سلنیوم و روی، آثار مثبتی بر غلظت روی پلاسما، آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز و کیفیت اسپرم بره‌ها داشته است (Kendall et al., 2000). بنابراین، هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر بلوس‌های آهسته‌رهش مواد معدنی بر عملکرد بره‌های نر پرواری بود.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش، تعداد ۱۴ رأس بره نر مهربان با متوسط سن ۵/۵ ماه و میانگین وزن ۲±۲۹ کیلوگرم در قالب طرح کاملاً تصادفی در دو تیمار و هفت تکرار مورد استفاده قرار گرفتند. تیمارهای آزمایش شامل گروه شاهد که فقط جیره پایه را دریافت کرد (عدم دریافت بلوس) و تیمار دریافت‌کننده بلوس بودند که علاوه بر جیره پایه، بلوس حاوی موادمعدنی را از راه دهان و با بلوس‌خوران دریافت نمود. بره‌ها در جایگاه انفرادی قرار داشتند و با جیره پایه یکسان که شامل سبوس، سویا، یونجه، دی‌کلسیم‌فسفات، اوره، کلسیم کربنات و جو بود تغذیه شدند (جدول ۱).

جیره غذایی با توجه به جداول نیازهای غذایی انجمن تحقیقات ملی (NRC, 2007) تنظیم شد. به هر یک از بره‌ها در تیمار دوم علاوه بر جیره پایه، یک عدد بلوس حاوی عناصر روی، سلنیوم، مس، کبالت، منگنز و ید خورانده شد. بلوس‌های استفاده شده در این مطالعه طبق روش Fadayifar and Aliarabi (2013) تهیه شده بودند. مشخصات بلوس‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. همچنین، میزان رهش هر قرص به‌طور متوسط برابر با ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در روز بود.

جدول ۱- اجزاء و ترکیب شیمیایی جیره پایه

Table 1. Ingredients and chemical composition of basal diet

Ingredients of diets	Percentage of Dry matter
Alfalfa hay	42.30
Wheat bran	4.00
Barley grain	48.00
Soybean meal	4.80
Dicalcium phosphate	0.24
Urea	0.02
Calcium carbonate	0.64
Chemical composition (Dry matter basis)	
Dry matter (%)	91.16
(%) Organic matter	84.65
Crude protein (%)	14.11
Ether extract (%)	1.48
Neutral-detergent fiber (%)	33.31
Acid-detergent fiber (%)	19.76
Metabolizable energy (Mcal/kg DM)	2.40
Cu (mg/kg)	13.07
Mn (mg/kg)	38.61
Fe (mg/kg)	182.02
Zn (mg/kg)	24.12

جدول ۲- ترکیبات بلوس آهسته‌رهش

Table 2. Components of slow-release bolus

Element	Concentration in bolus (ppm)	Release rate (mg per day)
Zinc	150000	22.5-30
Selenium	2282.5	0.34-0.46
Copper	21600	3.24-4.32
Cobalt	2574	0.39-0.51
Manganese	20250	3.04-4.05
Iodine	2125	0.32-0.43

اندازه‌گیری خوراک مصرفی: خوراک روزانه دام‌ها به‌صورت کاملاً مخلوط و در دو نوبت ۰۸:۰۰ و ۱۷:۰۰ در اختیار آنها قرار داده شد. آب به‌صورت آزاد برای هر دام فراهم شد. قبل از ریختن خوراک وعده صبح، باقی‌مانده خوراک روز قبل جمع‌آوری و توزین شد. مقداری نمونه از هر باکس جهت انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی برداشته شد. وزن‌کشی دام‌ها در ابتدای آزمایش و نیز در روزهای ۱۴، ۲۸، ۴۲ و ۵۶ با اعمال محرومیت ۱۲ ساعته از آب و خوراک انجام شد.

خون‌گیری و اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی: خون‌گیری از راه ورید وداج در روزهای صفر و ۵۶ (روز آخر آزمایش) قبل از وعده غذایی صبح و با اعمال محرومیت غذایی ۱۲ ساعته انجام شد. هر یک از نمونه‌ها در دو لوله جداگانه، یکی حاوی هپارین برای بدست آوردن پلاسما و دیگری بدون هپارین جهت بدست آوردن سرم ریخته شد و سپس، به‌مدت ۲۰ دقیقه (با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه) سانتریفیوژ شده و پلاسما یا سرم آنها جدا شد و تا زمان اندازه‌گیری فاکتورهای خونی در دمای منفی ۲۰ درجه سلسیوس نگهداری شدند. غلظت روی، آهن و مس پلاسما با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل spectra 220Variant، ساخت کشور استرالیا) اندازه‌گیری شد. غلظت نیتروژن اوره‌ای خون، آلبومین، پروتئین کل، گلوبولین، کلسیم، فسفر، آنزیم‌های آسپارتات‌آمینوترانسفراز، آلکالین‌فسفاتاز، آلانین‌ترانسفراز با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر (مدل آلفا-کلاسیک، ساخت کشور ایران) اندازه‌گیری شد. غلظت کلسیم پلاسما با کیت ساخت شرکت پارس آزمون و غلظت فسفر با استفاده از کیت ساخت شرکت بیونیک و به‌وسیله دستگاه اتوآنالایزر اندازه‌گیری شد.

تجزیه آماری: داده‌های جمع‌آوری شده در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (ویرایش ۹/۱)

مورد تجزیه قرار گرفت. داده‌های مربوط به فراسنجه‌های خونی با استفاده از رویه GLM و داده‌های مربوط به عملکرد به‌صورت اندازه‌گیری تکرار شده در زمان و به کمک رویه MIXED تجزیه شدند. در تجزیه آماری داده‌های عملکرد، وزن اولیه به‌عنوان متغیر هم‌بسته در مدل در نظر گرفته شد. ضریب تابعیت وزن بدن از روز آزمایش در هر دام به‌عنوان افزایش وزن روزانه در نظر گرفته شد. ضرایب تابعیت وزن بدن از روز با رویه Reg نرم افزار SAS برآورد شد. ساختار واریانس-کوواریانس به‌صورت اتورگرسیو یا خود-همبسته درجه ۱ (AR1) در نظر گرفته شد. اختلاف میانگین‌های حداقل مربعات (تصحیح شده) نیز در سطح پنج درصد و با آزمون t با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد: نتایج مربوط به عملکرد بره‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. هر چند که وزن نهایی و ضریب تبدیل خوراک در بره‌های دریافت‌کننده بلوس از لحاظ عددی وضعیت بهتری را نشان دادند، اما از لحاظ آماری، تفاوت معنی‌داری در فراسنجه‌های اندازه‌گیری شده مشاهده نشد. در یک تحقیق، Aliarabi et al. (2017) اثر بلوس‌های آهسته‌رهش حاوی روی، سلنیوم و کبالت بر عملکرد و فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای بز مرخز را مطالعه نموده و گزارش دادند که استفاده از بلوس‌های آهسته‌رهش، اثر معنی‌داری بر میانگین وزن نهایی دام‌ها داشت. در مطالعه دیگری به‌وسیله Aliarabi and Fadayifar (2015)، اثر قرص آهسته‌رهش حاوی روی، سلنیوم و کبالت در بره‌های نر و ماده مهربان بررسی شده و گزارش شد که میانگین وزن پایانی و افزایش وزن روزانه بره‌های نر و ماده دریافت‌کننده قرص به‌طور معنی‌داری بالاتر از بره‌های گروه شاهد بود. همچنین، استفاده از قرص آهسته‌رهش حاوی روی، سلنیوم و کبالت در میش‌های آبستن باعث افزایش وزن تولد بره‌های آنها شد. در پژوهشی دیگر، افزودن مقدار ۱/۷ قسمت در میلیون عنصر کبالت به جیره حاوی ۱/۱ قسمت در میلیون کبالت، تأثیری بر مصرف خوراک نداشت. در یک مطالعه دیگر، Kendall et al. (2000) گزارش دادند که استفاده از بلوس‌های آهسته‌رهش حاوی مس، کبالت و سلنیوم، تاثیر معنی‌داری بر میانگین وزن میش‌ها نداشت. در تحقیق Alimohamady (2012)، آثار سطوح ۰/۲ و ۰/۴ ppm سلنیوم بر عملکرد بره‌های نر مهربان مورد بررسی قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری بین گروه شاهد و دریافت‌کننده سلنیوم گزارش نشد. تفاوت در نتایج تحقیقات مختلف احتمالاً به مقدار مواد معدنی موجود در جیره پایه، سن و گونه حیوانات و شرایط جغرافیایی بستگی دارد. به نظر می‌رسد که در تحقیق حاضر، مقدار مواد معدنی موجود در جیره پایه نزدیک به سطح مورد نیاز بره‌های در حال رشد بوده و بلوس‌ها تاثیر چندانی بر عملکرد دام‌ها نداشته است.

فراسنجه‌های خونی: نتایج مربوط به فراسنجه‌های پروتئینی خون بره‌های نر مهربان در جدول ۴ نشان داده شده است. از نظر غلظت پروتئین کل، گلوبولین و نیتروژن اوره‌ای خون، تفاوت معنی‌داری بین گروه شاهد و گروه دریافت-کننده بلوس وجود نداشت، ولی مقدار آلبومین خون دام‌های دریافت‌کننده بلوس به‌طور معنی‌داری بالاتر از گروه شاهد بود ($P<۰/۰۵$). در مطالعه Khorrami et al. (2021)، اثر بلوس حاوی روی و سلنیوم در میش و بره بررسی شده و گزارش شد که استفاده از بلوس، تأثیری بر غلظت پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین نداشت. همچنین در پژوهشی دیگر، اثر استفاده از روی و سلنیوم به دو شکل بلوس آهسته‌رهش یا استفاده روزانه مکمل در میش‌های آبستن مطالعه شد و نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری در غلظت پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین خون میش‌ها مشاهده نشد (Khorrami et al., 2024). در مطالعه صورت گرفته به‌وسیله Sobhanirad et al. (2014) گزارش شد که اضافه کردن روی در جیره بره‌های بلوچی، تفاوت معنی‌داری در غلظت پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین بین گروه تیمار و شاهد ایجاد نکرد.

در تحقیق Slavik et al. (2008) گزارش شد که افزودن سلنیوم در جیره گاوها تأثیر معنی‌داری بر هیچ‌یک از فراسنجه‌های خونی به‌جز نیتروژن اوره‌ای خون نداشت و اعلام کردند که منابع مختلف سلنیوم می‌تواند بر غلظت نیتروژن اوره‌ای خون در دام موثر باشد. در مطالعه‌ای دیگر، گزارش شد که اضافه‌کردن روی به شکل سولفات روی در تغذیه گوساله‌ها موجب افزایش غلظت آلبومین شد (Azizzadeh et al., 2005). عنصر روی در سوخت و ساز پروتئین در بدن نقش دارد و وجود این عنصر برای حفظ غلظت پروتئین‌های ناقل در پلاسما ضروری است. کمبود روی می‌تواند باعث کاهش ساخت و یا افزایش شکسته شدن و اکسیداسیون اسیدهای آمینه شود.

جدول ۳- اثر بلوس آهسته‌رهش بر عملکرد بره‌های مهربان

Table 3. Effect of slow-release bolus on the performance of Mehraban lambs

Parameter	Treatments		SEM	*P*-value		
	Control[1]	Bolus		Treatment	Day	Treatment×Day
Initial body weight (kg)	29.68	30.27	0.98	0.6817		
Body weight day 14 (kg)	33.79	33.24	0.37	0.3315		
Body weight day 28 (kg)	36.27	36.28	0.46	0.9816		
Body weight day 42 (kg)	38.79	38.57	0.51	0.7740		
Body weight day 56 (kg)	41.61	42.94	0.76	0.2496		
Dry matter intake (g/d)	1440.95	1471.66	50.78	0.6782	0.0001	0.0087
Daily weight gain (g)	213.03	226.25	13.78	0.7079	0.0164	0.2183
Feed conversion ratio	6.50	6.28	0.42	0.7381		

SEM: Standard error of the means; [1] Control: Received basal diet; Bolus: Received basal diet + slow release bolus

جدول ۴- اثر بلوس آهسته‌رهش بر فراسنجه‌های پروتئینی خون بره‌های نر مهربان

Table 4. Effect of slow-release bolus on blood protein parameters in Mehraban lambs

Parameter	Treatments		SEM	*P*-value
	Control	Bolus		
Total protein (g/dL)	7.97	7.75	0.195	0.4196
Albumin (g/dL)	4.38[b]	4.73[a]	0.054	0.0027
Globulin (g/dL)	3.50	3.21	0.179	0.2825
Urea nitrogen (g/dL)	33.80	35.77	1.741	0.4639

[a-b] Means with different superscripts in the same row differ significantly ($P<0.05$). SEM: Standard error of the means

[1] Control: Received basal diet; Bolus: Received basal diet + slow release bolus

از جمله پروتئین‌های انتقال دهنده روی و مس در خون آلبومین است (Suttle, 2010). در واقع، آلبومین یکی از مهمترین پروتئین‌های انتقال‌دهنده در پلاسما است که ترکیبات گوناگونی را منتقل نموده و نقش مهمی را در فشار اسمزی پلاسما ایفا می‌کند. اندازه‌گیری آلبومین خون می‌تواند برای تشخیص نارسایی‌های کبدی مفید واقع شود، بعلاوه میزان آلبومین ملاکی برای تعیین سلامت و وضعیت تغذیه است (Mohamed et al., 2017). در مطالعه حاضر، تفاوت معنی‌دار سطح آلبومین بین گروه تیمار و گروه شاهد ممکن است به‌دلیل تأثیر مثبت بلوس، به‌ویژه عنصر روی موجود در آن، بر ساخت پروتئین باشد (Suttle, 2010).

در یک آزمایش، Ramadan et al. (2018) اعلام کردند تزریق سلنیوم به بزهای آبستن باعث افزایش پروتئین کل خون شد. آلبومین و گلوبولین خون در بزغاله‌های آنها نیز افزایش یافت. در بررسی تأثیر استفاده از مس و سلنیوم در گوساله گزارش شد که استفاده از مکمل سلنیوم باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در میزان آلبومین سرم خون و افزایش مقدار گلوبولین گوساله‌های نر شد (Mudgal et al., 2008) که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی ندارد. در پژوهشی دیگر (Kumar et al., 2008)، گزارش شد که اضافه کردن سلنیوم در جیره بره‌ها، اثر معنی‌داری بر نیتروژن اوره‌ای خون نداشت.

نتایج مربوط به اثر بلوس آهسته‌رهش بر غلظت مواد معدنی پلاسمای خون بره‌های نر مهربان در جدول ۵ نشان داده شده است. تفاوت معنی‌داری از نظر غلظت مس، آهن، کلسیم و فسفر پلاسما بین دو تیمار مشاهده نشد، ولی غلظت روی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار قرار گرفت و در دام‌های دریافت‌کننده بلوس بالاتر از گروه شاهد بود ($P<۰/۰۵$).

گزارش شده است که افزودن روی به‌صورت سولفات روی و روی‌متیونین، اثر مثبتی بر مقدار غلظت روی در پلاسما دارد (Jia et al., 2009). در تحقیقی که به‌وسیله Gar et al. (2008) انجام گرفت، با افزودن مکمل روی به‌صورت سولفات روی و متیونین روی در جیره بره‌های در حال رشد در پایان دوره ۱۵۰ روزه، تفاوت معنی‌داری در غلظت روی پلاسما بین گروه دریافت‌کننده مکمل و گروه شاهد گزارش شد. در مطالعه دیگر (Khorrami et al., 2021)، اثر بلوس آهسته‌رهش (روی و سلنیوم) بر میش‌های

آبستن مورد بررسی قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری در غلظت عنصر مس پلاسمای بره‌های متولد شده گروه شاهد و دریافت‌کننده بلوس مشاهده نشد. همچنین، تفاوت معنی‌داری در غلظت آهن پلاسما بین بزهای مرخز دریافت‌کننده بلوس (کبالت، سلنیوم و روی) با گروه شاهد مشاهده نشد (Aliarabi et al., 2017). در تحقیق انجام شده به‌وسیله Piri et al. (2009)، افزودن اکسید روی در جیره بزها تأثیری بر غلظت روی پلاسما نداشت. در یک مطالعه (Zaboli et al., 2013)، گزارش شد که افزودن ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی به جیره بزهای مرخز، تأثیری بر غلظت کلسیم خون نداشت. در پژوهشی دیگر، Dalvand et al. (2022) اثر قرص آهسته‌رهش سلنیوم و کبالت را در میش‌ها بررسی نموده و گزارش کردند که غلظت سلنیوم خون در دام‌های دریافت‌کننده قرص به‌طور معنی‌داری بالاتر از گروه شاهد بود، ولی غلظت روی و آهن تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. در گاومیش‌های دریافت‌کننده ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک، کاهش معنی‌داری در غلظت کلسیم سرم مشاهده شد (Daghash et al., 1999). عنصر روی، یک کاتیون دو ظرفیتی است و مازاد آن در جیره ممکن است به‌صورت آنتاگونیست با جذب سایر کاتیون‌های دو ظرفیتی تداخل ایجاد کند و غلظت این عنصر را در خون تحت تأثیر قرار دهد (Garg et al., 2008). افزودن روی و مس به جیره میش‌های آبستن، تفاوت معنی‌داری را در غلظت فسفر خون میش‌ها ایجاد نکرد (Cheraghi-mashoof et al., 2014). در تحقیقی روی گاومیش، گزارش شد که در حیوانات دریافت‌کننده ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم روی، غلظت فسفر سرم خون کاهش معنی‌داری داشت (Daghash et al., 1999). افزایش مصرف روی در جیره از جذب فسفر در روده جلوگیری می‌کند چون روی سبب تشکیل کمپلکس نامحلول فسفات در روده می‌شود و غلظت آن را در خون تحت تأثیر قرار می‌دهد (Piri et al., 2009). ظرفیت ذخیره روی در بدن ضعیف بوده (Miller, 1970) و نیاز است که این عنصر به‌طور پیوسته از راه جیره تأمین شود. بنابراین، تجویز قرص‌های آهسته‌رهش حاوی روی در این مسیر مؤثر بوده است.

نتایج مربوط به اثر بلوس آهسته‌رهش بر آنزیم‌های سرم خون بره‌های نر مهربان در جدول ۶ ارائه شده است. غلظت آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلکالین فسفاتاز (ALP) سرم خون بره‌ها تحت تاثیر تیمار قرار نگرفت و بین گروه شاهد و دریافت‌کننده بلوس آهسته‌رهش، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. ALP شاخص وضعیت روی در بدن و همین‌طور آسیب کبدی است (Kubkomawa et al., 2015). با افزایش غلظت عنصر روی در خون، مقدار فعالیت ALP افزایش و در صورت کمبود روی، فعالیت آن کاهش می‌یابد (Suttle, 2010). استفاده از روی به‌میزان ۲۰ قسمت در میلیون از منابع مختلف در جیره گاوهای گوشتی آنگوس، اثری بر فعالیت ALP نداشت (Spears et al., 2004). افزودن روی با سطوح ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ قسمت در میلیون به جیره تفاوت معنی‌داری را در فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز گوسفندان ایجاد نکرد (Vilela et al., 2012). در مطالعه‌ای دیگر به‌وسیله Aliarabi and Fadayifar (2015) گزارش شد که فعالیت ALP در میش‌های دریافت‌کننده بلوس (کبالت، سلنیوم و روی) در مقایسه با گروه شاهد بیشتر بود. فعالیت آنزیم‌هایی که روی در آن‌ها به‌عنوان کوفاکتور عمل می‌کند نشان‌دهنده وضعیت روی در حیوانات است و تغییراتی که در مقدار ALP ایجاد می‌شود می‌تواند بازتاب تغییرات غلظت روی در پلاسما باشد (Suttle, 2010). گزارش‌های مختلف نشان می‌دهند که مقدار بالاتر عنصر روی می‌تواند فعالیت ALP پلاسما را افزایش دهد (Nagalakshmi, 2009). کمبود روی در جیره باعث کاهش مقدار ALP خون و مقدار بیشتر روی در جیره، مقدار ALP را در خون بالا می‌برد (Jia et al., 2009).

نتایج یک تحقیق (Stepanova et al., 2020) نشان داد که افزودن مس به جیره باعث بهبود استخوان‌سازی در گاوهای نژاد هلشتاین می‌شود و از این رو، مقدار ALP نیز به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه شاهد گزارش شد. در مطالعه‌ای به‌وسیله Khorrami et al. (2024) گزارش شد که استفاده از بلوس آهسته‌رهش (حاوی روی و سلنیوم) در میش‌های آبستن باعث کاهش فعالیت آنزیم ALT نسبت به گروه شاهد شد، اما تفاوت معنی‌داری در سطح فعالیت AST مشاهده نشد. Chung et al. (2007) گزارش دادند که استفاده از مکمل سلنیوم در شکل آلی و معدنی تأثیری بر AST و ALT سرم بزها نداشت. آنزیم‌های ALT و AST مهم‌ترین آنزیم‌های گروه آمینوترانسفرازها هستند و در سوخت و ساز اسیدهای آمینه یا کربوهیدرات‌ها نقش دارند.

جدول ۵- اثر بلوس آهسته‌رهش بر غلظت برخی مواد معدنی پلاسمای خون بره‌های مهربان

Table 5. Effect of slow-release bolus on some blood element status in Mehraban lambs

Parameter	Treatments		SEM	*P*-value
	Control[1]	Bolus		
Zinc (mg/L)	1.24[b]	1.37[a]	0.010	0.0496
Copper (mg/L)	0.98	1.06	0.051	0.3360
Iron (mg/L)	1.82	1.89	0.238	0.8313
Calcium (mg/dL)	9.71	9.21	0.753	0.4618
Phosphorous (mg/dL)	7.22	7.91	0.400	0.2638

[a-b] Means with different superscripts in the same row differ significantly ($P<0.05$). SEM: Standard error of the means

[1] Control: Received basal diet; Bolus: Received basal diet + slow release bolus

جدول ۶- اثر استفاده از بلوس آهسته‌رهش بر غلظت برخی آنزیم‌های سرم خون بره‌های مهربان

Table 6. Effect of slow release bolus on some serum enzymes status in Mehraban lambs

Parameter	Treatments		SEM	*P*-value
	Control[1]	Bolus		
Alkaline phosphatase (U/L)	113.15	124.98	32.864	0.2937
Aspartate aminotransferase (U/L)	108.57	99.70	4.372	0.3027
Alanine aminotransferase (U/L)	24.32	28.51	1.991	0.1768

SEM: Standard error of the means; [1] Control: Received basal diet; Bolus: Received basal diet + slow release bolus

کبد، ماهیچه‌ها و مغز حاوی مقادیر قابل توجهی از این آنزیم‌ها هستند. افزایش غلظت آنزیم‌های ALT و AST در خون، نشانه‌ای از نکروز یا آسیب بافتی است (Murray et al., 1990). همچنین، دام در مواجه با کمبود عناصر معدنی، ممکن است دچار آسیب غشاء سلولی شده و در نتیجه، غلظت ALT و AST در سرم خون افزایش یابد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، استفاده از بلوس آهسته‌رهش حاوی روی، سلنیوم، مس، کبالت، منگنز و ید بر غلظت آلبومین و عنصر روی، تأثیر گذاشت و تفاوت معنی‌داری در دو گروه شاهد و دریافت‌کننده بلوس مشاهده شد، اما تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بره‌ها، فعالیت آنزیم‌های کبدی و غلظت سایر عناصر معدنی و فراسنجه‌های پروتئینی خون نداشت. اگرچه تفاوت در عملکرد معنی‌دار نبود، اما افزایش وزن روزانه دام‌های دریافت کننده بلوس حدود شش درصد بالاتر از گروه شاهد بود (۲۲۶ در مقابل ۲۱۳ گرم در روز) و این امر می‌تواند به بهبود بهره‌وری بره‌های پرواری کمک نماید.

فهرست منابع

Aliarabi, H., Bayervand, M., Bahari, A.A., Zamani, P., Fadayifar, A., & Alimohamady, R. (2017). Effect of feeding slow-release bolus of zinc, selenium and cobalt on growth performance and some blood metabolites of markhoz male goats. *Iranian Journal of Animal Science*, *47*(4), 507-517. doi: 10.22059/ijas.2017.137518.653386 [In Persian]

Aliarabi H., & Fadayifar A. (2015). Effect of slow-release bolus of zinc, selenium and cobalt on some blood metabolites and performance of male and female Mehraban lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *7*(1), 23-33. doi: 10.22067/ijasr.v7i1.35315 [In Persian]

Alimohamady, R. (2012). Effect of different levels of sources of selenium on performance and some rumen and plasma metabolites of Mehraban male lambs. MSc Thesis. Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Iran. [In Persian]

Awadeh, F., Kincaid, R., & Johnson, K. (1998). Effect of level and source of dietary selenium on concentrations of thyroid hormones and immunoglobulins in beef cows and calves. *Journal of Animal Science*, *76*, 1204-1215. doi: 10.2527/1998.7641204x

Azizzadeh, M., Mohri, H., & Seifi, A. (2005). Effect of oral zinc supplementation on hematology, serum biochemistry, performance, and health in neonatal dairy calves. *Comparative Clinical Pathology*, *14*(2), 67-71. doi: 10.1007/s00580-005-0559

Cheraghi-mashoof, L. (2014). Effect of zinc and copper supplements on some blood parameters and performance of pregnant ewes and their lambs. MSc Thesis. Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Iran. [In Persian]

Chung, J., Kim, J. K. Y., & Jang, I. (2007). Effects of dietary supplemented inorganic and organic selenium on antioxidant defense systems in the intestine, serum, liver and muscle of Korean native goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, *20*, 52-59. doi: 10.5713/ajas.2007.52

Daghash, H.A., & Mousa, S.M. (1999). Zinc sulfate supplementation to ruminant rations and its effects on digestibility in lamb; growth, rectal temperature and some blood constituents in buffalo calves under heat stress. *Assiut Veterinary Medical Journal*, *40*, 128-146. doi: 10.21608/avmj.1999.182331

Dalvand, M., Azarfar, A., Fadayifar, A., & Tehrani, A. (2022). The effect of slow-release selenium and cobalt bolus on milk production and composition, reproductive performance and some blood parameters of Lori bakhtiari's ewes. *Journal of Ruminant Research*, *10*(4), 71-88. doi: 10.22069/ejrr.2022.20424.1857 [In Persian]

Fadayifar, A., & Aliarabi, H. (2013). Slow-release bolus (trace mineral) for ruminants. Iranian patent no: 79633. [In Persian]

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*, 82-96. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2007.10.003

Hosnedlova, B., Travnicek, J., & Soch, M. (2007). Current view of the significant of zinc for ruminant: a review. *Agricultura Tropica et Subtropica*, *40*(2), 57-64.

Hurley, L. S. (1981). Teratogenic effects of manganese, zinc and copper in nutrition. *Physiological Reviews*, *61*, 249-295. doi: 10.1152/physrev.1981.61.2.249

Jia, W., Xiaoping, Z. H., Wei, Z. H., Jianbo, C. H., Cuihua, G., & Zhihai. J. (2009). Effects of source of supplemental zinc on performance, nutrient digestibility and plasma mineral profile in cashmere goats. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, *22*, 1648-1653. doi: 10.5713/ajas.2009.80649

Kadim, I. T., Johnson, E. H., Mahgoub, O., Srikandakumar, A., Al-Ajmi, D., Ritchie, A., Annamalai, K., & Al-Halhali, A. S. (2003). Effect of low levels of dietary cobalt on apparent nutrient digestibility in Omani goats. *Animal Feed Science and Technology*, *109*, 209-216. doi: 10.1016/S0377-8401(03)00174-3

Kendall, N. R., Mackenzie, A. M., & Telfer, S. B. (2012). The trace element and humoral immune response of lambs administered a zinc, cobalt and selenium soluble glass bolus. *Livestock Science*, *148*, 81-86. doi: 10.1016/j.livsci.2012.05.013

Kendall, N. R., & Telfer, S. B. (2000). Induction of zinc deficiency in sheep and its correction with a bolus of soluble glass containing zinc. *Veterinary Research*, *146*, 634-637. doi: 10.1136/vr.146.22.634

Khorrami, Z., Aliarabi, H., Farahavar, A., & Fadayifar, A. (2021). The Effect of slow-release bolus of zinc and selenium or daily feeding of salts of these elements on the performance of pregnant ewes and their lambs. *Research on Animal Production*, *12*(31), 77-89. doi: 10.52547/rap.12.31.77 [In Persian]

Khorrami, Z., Aliarabi, H., Farahavar, A., & Fadayifar, A. (2024). Effect of pre and postpartum maternal supplementation of zinc and selenium via slow-release glass bolus or the element salts on feed intake and some blood parameters in ewes and their lambs. *Animal Feed Science and Technology*, *311*, 1-14. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2024.115949

Kubkomawa, I. H., Tizhe, M., Emenalom, O., & Okoli, I. (2015). Handling, reference value and usefulness of blood biochemical of indigenous pastoral cattle in tropical Africa: a review. *Dynamic Journal of Animal Science and Technology*, *1*(2), 18-27.

Kumar, N., Garg, A. K., Mudgal, V., Dass, R. S., Chaturvedi, V. K., & Varshney, V. P. (2008). Effect of different levels of selenium supplementation on growth rate, nutrient utilization, blood metabolic profile, and immune response in lambs. *Biological Trace Element Research*, *126*(1), 44-56. doi: 10.1007/s12011-008-8214-8

Miller, W. J. (1970). Zinc nutrition of cattle. A review. *Journal of Dairy Science*, *53*, 1123-1135. doi: 10.3168/jds. S0022-0302(70)86355-X

Mohamed, A. H., Mohamed, M. Y., Ibrahim, K., Abd El Ghany, T. F., & Mahgoup, A. A. S. (2017). impact of nano-zinc oxide supplementation on productive performance and some biochemical parameters of ewes and offspring. *Egyptian Journal of Sheep and Goat Sciences*, *12*(3), 1-16. doi: 10.21608/ejsgs.2017.26308

Mudgal, V., Garg, A. K., Dass, R. S., & Varshney, V. P. (2008). Effect of selenium and copper supplementation on blood metabolic profile in male buffalo (bubalus bubalis) calves. *Biological Trace Element Research*, *121*(1), 31-38. doi: 10.1007/s12011-007-8002-x

Murray, R., Grunner, D., Mayes, P., & Rodweld, V. (1990). Chemical constituents of blood and body fluids. Harpers Biochemistry. 2nd ed. Lange Medical Book, USA. Pp. 685-690.

Nagalakshmi, D., Dhanalakshmi, K., & Himabindu, D. (2009). Effect of dose and source of supplemental zinc on immune response and oxidative enzymes in lambs. *Veterinary Research Communications*, *33*, 631-644. doi: 10.1016/0891-5849(90)90076-U

National Research Council (NRC). (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelid. National Academy Press, Washington, D.C.

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

Ramadan, S. G. A., Mahboub, H. D. A., Helal, M. H. Y., & Sallam, M. A. (2018). Effect of vitamin e and selenium on performance and productivity of goats. *International Journal of Chemical and Biomedical Science*, *4*(2), 16-22. doi: 10.2340/00015555-0754

SAS. (2003). Statistical Analysis System, User's Guide: Statistics. Version 9.1. SAS Institute, Cary, NC, USA.

Slavik, P., Illek, J., Brix, M., Hlavicova, J., Rajmon, R., & Jilek, F. (2008). Influence of organic versus inorganic dietary selenium supplementation on the concentration of selenium in colostrum, milk and blood of beef cows. *Acta Veterinaria Scandinavica*, *50*(43), 1-6. doi: 10.1186/1751-0147-50-43

Sobhanirad, S., Mashhadi, M., & Kashani, R. (2014). Effects of source and level of zinc on haematological and biochemical parameters in baluchi lambs. *Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences*, *4*(7), 389-393.

Spears, J. W., Schlegel, P., Seal, M. C., & Lloyd, K. E. (2004). Bioavailability of zinc from zinc sulfate and different organic zinc sources and their effects on ruminal volatile fatty acid proportions. *Livestock Production Science*, *90*(2), 211-217. doi: 10.1016/j.livprodsci.2004.05.001

Stepanova, I. A., Nazarova, A. A., & Arisov, M. V. (2020). Peculiarities of mineral metabolism of holstein heifers' diet supplemented with copper Nano powders. *World's Veterinary Journal*, *10*(4), 492-498. doi: 10.54203/scil.2020.wvj59

Suttle, N. F. (2010). Mineral Nutrition of Livestock, 4th ed. CAB International, Oxford, UK.

Thompson, K. G., Audige, L., Arthur, D. G., Juhan, A. F., Orr, M. B., Mcsporran, K. D., & Wilson, P. R. (1994). Osteochondrosis associated with copper deficiency in young farmed red deer and wapiti/red hybrids. *New Zealand Veterinary Journal*, *42*, 137-143. doi: 10.1080/00480169.1994.35804

Underwood, E. J., & Suttle, N. F. (1999). The mineral nutrition of livestock. CAB international, Wallingford, UK.

Vilela, F. G., Zanetti, M. A., Netto, A. S., Júnior, J. E. F., Rennó, F. P., Venturelli, B. C., & Canaes, T. S. (2012). Supplementation of diets for santa ines sheep with organic and inorganic zinc sources. *Revista Brasileira de Zootechnie*, *41*(9), 2134-2138. doi: 10.1590/S1516-35982012000900023

Zaboli, K. H. H., Aliarabi, H., Tabatabai, M. M., Bahari, A. A., & Zarei, Z. (2013). Effect of zinc oxide nano particle and zinc oxide on performance and some blood parameters in male markhoz goat kids. *Animal Production Research*, *2*(2), 29-41. [In Persian]

Zimmermann, M. B., Benoist, B., Corigliano, S., Jooste, P. L., Molinari, L., Moosa, K., & Torresani, T. (2006). Assessment of iodine status using dried blood spot thyroglobulin: development of reference material and establishment of an international reference range in iodine-sufficient children. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, *91*(12), 4881-4887. doi: 10.1210/jc.2006-1370