Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Research on Animal Production, Vol. 16, Issue 2, 2025 p: 1-10

OPEN ACCESS

Research Paper

Effects of Feeding Different Chelated Mineral Sources on the Performance of Afshari Ewes and Lambs

Morteza Ardestani[1], Essa Dirandeh[2] and Ehsan Mahjoubi[3]

1- Department of Animal Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2- Department of Animal Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
3- Department of Animal Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received: 03 April 2024 Revised: 17 July 2024 Accepted: 19 Agust 2024

Extended Abstract

Background: Iran is geographically located in a hot and dry region, and its pastures are mainly lacking and imbalanced in terms of nutrients, including minerals. In addition to causing many complications caused by the lack of minerals, this problem also endangers the metabolism of other nutrients. Due to the fact that most of the feed consumed by sheep in the country is provided from pastures, and there is no possibility of manual feeding, the aforementioned deficiencies can play an effective role in reducing the income of farmers and livestock productivity. Chelated minerals are those that are attached to one or more amino acids or organic acids. In other words, when a mineral substance is connected to another one, such as amino acids, it produces a chelated mineral substance. Numerous studies have shown that chelate forms of zinc, manganese, and copper are more bioavailable than inorganic forms. This issue supports the functions related to low-consumption minerals and causes their very small excretion due to the much lower consumption amount. The higher bioavailability of chelates is related to different absorption and balancing mechanisms and the absence of antagonists related to minerals. Therefore, this study aimed to investigate the effects of feeding sources of chelated trace minerals (Zn, Cu, Mn, Se, and Co) on the performance of Afshari ewes and lambs.

Methods: Experimental animals were used from a herd using estrus synchronization with 60 heavy pregnant ewes of the Afshar breed with an approximate age of 2 years and the second calving cycle in the form of a completely randomized design with three treatments each containing 20 replications. The test period was from the 21st day before delivery to the 70th day after delivery. Experimental treatments were a basal diet without supplemental trace minerals (Control, n = 20), a basal diet plus chelate sources of trace minerals (Chelate, n = 20), and a basal diet plus organic sources of trace minerals (n = 20). Experimental diets were adjusted and balanced based on meeting the metabolic needs of pregnant and lactating ewes using SRNS small ruminant feeding system software based on dry matter with 68% fodder and 32% pre-lambing concentrate and 70% fodder plus 30% post-lambing-partum concentrate percentage after birth. The consumed ration was completely mixed and offered to the ewes twice a day (8 am and 4 pm). The ewes were weighed with a digital scale (accuracy of 50 g) before offering the morning feed at the beginning of the experiment, on the day of calving, and on the 35th and 70th days after calving. The body conditions of the ewes at the beginning, the day of calving, and days 35 and 70 after calving were scored based on a scoring system of 1 -5. Colostrum production was measured by weighing lambs before and after eating colostrum 24 hours after birth and milk production by the milking method with the intramuscular injection of oxytocin. The lambs were also weighed at birth and at 30 and 70 days old, along with measuring their daily weight gain (using a digital scale with an accuracy of 50 g). The final data were analyzed using the GLM procedure by SAS statistical software version 9.1 (SAS, 2001). The means of the treatments were compared using Duncan's multiple range test at an error probability level of 0.05.

Results: Dry matter consumption, colostrum production, and milk production in the chelate group were significantly higher than those of the other two groups ($P < 0.05$). The composition of ewes' milk after parturition was not affected by the experimental treatments ($P < 0.05$). Body weight and body condition scores were affected by the experimental treatments, except they were

Copyright ©2025 Ardestani et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1525]

significantly lower at the time of lambing on days 35 and 70 after lambing and in the control group than in the other two groups ($P < 0.05$). The weight loss of the ewes was affected by the experimental treatments, and the ewes of the control group lost significantly more weight than the other two groups ($P < 0.05$). The weight of lambs at birth and 35 and 70 days old in lambs born from ewes fed with the chelated sources of low consumption minerals was higher than the organic and control groups ($P < 0.05$). Daily weight gain up to 70 days in ewes fed with chelated sources of low-consumption minerals was higher than that of the organic and control groups ($P < 0.05$).

Conclusion: In general, the results of the present study showed that feeding ewes with mineral substances in the form of chelates led to a decrease in the consumption of ewes and improved the growth performance of Afshari lambs.

Keywords: Afshari ewe, Body condition score, Trace minerals, Transition period

How to Cite This Article: Ardestani, M., Dirandeh, E., & Mahjoubi, E. (2025). Effects of Feeding Different Chelated Mineral Sources on the Performance of Afshari Ewes and Lambs. *Res Anim Prod,* 16(2), 1-10. DOI: 10.61882/rap.2024.1525

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1525]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

تأثیر مواد معدنی کیلاته بر عملکرد تولیدی میش‌های آبستن افشاری و بره‌های آن‌ها

مرتضی اردستانی[۱]، عیسی دیرنده[۲] و احسان محجوبی[۳]

۱- گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲- گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، (نویسنده مسوول: Dirandeh@gmail.com)
۳- گروه علوم دامی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۵ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۹
صفحه ۱ تا ۱۰

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: کشور ایران از نظر جغرافیایی در منطقه گرم و خشک قرار گرفته است و مراتع آن عمدتاً به‌لحاظ مواد مغذی از جمله مواد معدنی دچار کمبود و عدم تعادل هستند. این مسئله علاوه بر ایجاد عوارض متعدد متأثر از کمبود مواد معدنی، متابولیسم بقیه مواد مغذی را نیز به مخاطره می‌اندازد. با توجه به این که عمده خوراک مصرفی گوسفندان کشور از مراتع تأمین می‌گردد و امکان تغذیه دستی وجود ندارد، کمبودهای یادشده می‌توانند نقش مؤثری در کاهش درآمد دامدار و بهره‌وری دام ایفا نمایند. مواد معدنی کیلاته به آن دسته از مواد معدنی گفته می‌شود که به یک یا چند اسید آمینه و یا اسید آلی متصل شده‌اند. به‌عبارت دیگر، زمانی‌که یک ماده معدنی به یک ماده آلی دیگر مثل اسیدهای آمینه متصل می‌شود ماده معدنی کیلاته را تولید می‌نماید. تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که اشکال کیلاته روی، منگنز، و مس با زیست‌فراهمی بالاتری در مقایسه با اشکال غیر آلی وجود دارند. این موضوع از عملکردهای مرتبط با مواد معدنی کم‌مصرف حمایت می‌کند و سبب می‌شود با توجه به مقدار مصرف بسیار کمتر دفع بسیار ناچیزی داشته باشند. زیست‌فراهمی بالاتر کیلات‌ها مربوط به سوخت و سازهای مختلف جذب و متعادل سازی آن و عدم وجود آنتاگونیست‌های مربوط به مواد معدنی است. لذا، هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر تغذیه مواد معدنی کیلاته (روی، مس، منگنز، سلنیوم و کبالت) بر عملکرد تولیدی میش‌های آبستن افشاری و بره‌های آن‌ها بود.

مواد و روش‌ها: حیوانات آزمایشی از یک گله با استفاده از همزمان‌سازی فحلی با ۶۰ راس میش آبستن سنگین نژاد افشار با سن تقریبی دو سال و نوبت زایش دوم در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و ۲۰ تکرار در هر تیمار استفاده شدند. طول دوره آزمایش از روز ۲۱ پیش‌زایش تا روز ۷۰ پس از زایش بود. تیمارهای آزمایشی شامل جیره پایه بدون مکمل معدنی (شاهد)، جیره پایه به‌علاوه تأمین نیاز از طریق شکل کیلاته مواد معدنی کم‌مصرف (کیلاته) و جیره سوم (جیره پایه به علاوه تأمین نیاز از طریق شکل آلی مواد معدنی کم‌مصرف (آلی) بودند. جیره‌های آزمایشی بر اساس تأمین نیازهای متابولیکی میش‌های آبستن و شیرده با استفاده از نرم‌افزار سیستم تغذیه نشخوارکنندگان کوچک برمبنای ماده خشک دارای ۶۸ درصد علوفه و ۳۲ درصد کنسانتره قبل از زایش و دارای ۷۰ درصد علوفه و ۳۰ درصد کنسانتره پس از زایش تنظیم و موازنه شدند. جیره مصرفی به‌صورت کاملاً مخلوط و دو بار در روز (۸ صبح و ۱۶ عصر) به میش‌ها عرضه شد. میش‌ها پیش از عرضه خوراک وعده صبح در شروع آزمایش، روز زایش و روزهای ۳۵ و ۷۰ پس از زایش با ترازوی دیجیتالی (با دقت ۵۰ گرم) وزن شدند. وضعیت بدنی میش‌ها در آغاز، روز زایش، و روزهای ۳۵ و ۷۰ پس از زایش بر مبنای سیستم امتیازدهی ۱ تا ۵ نمره‌دهی شد. تولید آغوز با وزن‌کردن بره پیش و پس از خوردن آغوز در ۲۴ ساعت پس از زایش و تولید شیر به‌روش دوشش با تزریق عضلانی اکسی توسین اندازه‌گیری شد. همچنین، بره‌ها در زمان تولد و ۳۰ و ۷۰ روزگی توزین شدند و افزایش وزن روزانه (توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۵۰ گرم) اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل نهایی داده‌ها با استفاده از رویه GLM توسط نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ (SAS, 2001) انجام گرفت. مقایسه میانگین تیمارها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها: ماده خشک مصرفی (کیلوگرم در روز) پیش از بره‌زایی در بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت اما پس از بره‌زایی در گروه کنترل کمترین (۲/۰±۴۷/۰۷) و در گروه کیلاته (۰/۰۷±۲/۸۵) بیشترین بود (P <۰/۰۵). تولید آغوز (کیلوگرم در روز) و تولید شیر (کیلوگرم در روز) در گروه کیلاته (۰/۰۷±۲/۸۵) به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو گروه دیگر بود (P <۰/۰۵). درصدهای چربی، پروتئین و لاکتوز شیر در بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشتند (P >۰/۰۵). وزن بدن در شروع آزمایش و در زمان بره‌زایی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی نداشت (P >۰/۰۵). وزن بدن در ۳۵ و ۷۰ روزگی در گروه کنترل به‌طور معنی‌داری کمتر از دو گروه دیگر بود (P <۰/۰۵) ولی بین گروه آلی و کیلاته تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (P>۰/۰۵). در ۳۵ و ۷۰ روزگی میش‌های گروه کنترل نسبت به دو گروه دیگر وزن بیشتری از دست دادند (P <۰/۰۵) ولی بین گروه آلی و کیلاته تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (P >۰/۰۵). وزن تولد بره‌ها، وزن بدن در ۳۵ روزگی، وزن بدن در ۷۰ روزگی و افزایش وزن بدن تا ۷۰ روزگی تفاوت‌های معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی داشتند (P <۰/۰۵). وزن تولد و روند افزایش وزن در سنین ۳۵ و ۷۰ روزگی در تیمار کیلاته نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی بیشتر بودند.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، نتایج پژوهش حاضر نشان دادند که تغذیه میش‌ها با مواد معدنی به شکل کیلات منجر به کاهش مصرف کمتر میش‌ها و بهبود عملکرد رشد بره‌های افشاری شد.

واژه‌های کلیدی: دوره انتقال، وزن، نمره وضعیت بدنی، میش افشاری، مواد معدنی

مقدمه

نیاز انرژی و مواد مغذی حیوان در هر نوع سیستم پرورشی به‌طور کامل تأمین نمی‌شود. در واقع، پوشش نیازها در هر زمان به‌دلایل فیزیولوژیکی (ظرفیت محدود مصرف خوراک)، دلایل اقتصادی (هزینه‌های زیاد خوراک) و یا فقر خاک از لحاظ مواد معدنی (تولید علوفه که از لحاظ مواد معدنی فقیر هستند) محدود می‌شود. ذخایر بدن در ارتباط با تأمین نیازهای مواد مغذی نشخوارکنندگان از اهمیت بالایی برخوردار است. به‌طور عادی، ذخایر بدن در دوره‌های نیاز متابولیک بالا (پایان آبستنی، شیردهی) یا در دسترس بودن غذای بسیار کم (فصول خشک) بسیج می‌شوند، سپس به‌محض افزایش مقدار و کیفیت خوراک (فصل بارندگی) یا زمانی‌که نیاز کاهش می‌یابد، دوباره تشکیل می‌شوند (Gayathri & Panda, 2018).

مواد معدنی کم‌نیاز وظایف بیولوژیکی مهمی در بدن دارند، از جمله نقش در ایمنی، سوخت و ساز اکسیداتیو، سوخت و ساز مواد مغذی و انرژی، فعالیت‌های تولید مثلی و غیره. کمبود

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1525]

عناصر کم‌نیازی چون مس (Cu)، روی (Zn)، منگنز (Mn) منجر به مشکلات متابولیک فراوانی در دام و طیور می‌شود. آهن و مس نقش مهمی در سلامت مفاصل، رشد و سلامتی پشم و مو و پَر، تولید سلول‌های خونی، بهبود عملکرد ایمنی، افزایش باروری، بهبود متابولیسم آهن، و غیره دارند. روی و منگنز نیز نقش مهمی در ساخت پروتئین‌ها، بهبود عملکرد ایمنی، متابولیسم ویتامین‌ها، تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی، افزایش باروری، و سلامتی پوست دارند. این عنصرها همچنین کوفاکتور بسیاری از آنزیم‌های مهمِ درگیر در سوخت و ساز کلی بدن هستند. کروم نیز نقش پایه‌ای در متابولیسم گلوکز- انسولین دارد. کبالت پیش‌ساز اصلی ساخت ویتامین B12 توسط میکروارگانیسم‌ها در دستگاه گوارش است (Suttle, 2022).

مواد معدنی کیلاته به آن دسته از مواد معدنی گفته می‌شود که به یک یا چند اسید آمینه و یا اسید آلی متصل شده‌اند. به‌عبارت دیگر، زمانی‌که یک ماده معدنی به یک ماده آلی دیگر مثل اسیدهای آمینه متصل می‌شود ماده معدنی کیلاته را تولید می‌نماید. تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که اشکال کیلاته روی، منگنز، و مس با زیست‌فراهمی بالاتری در مقایسه با اشکال غیر آلی وجود دارند. این موضوع از عملکردهای مرتبط با مواد معدنی کم مصرف حمایت می‌کند و سبب می‌شود با توجه به مقدار مصرف بسیار کمتر دفع بسیار ناچیزی داشته باشند. زیست‌فراهمی بالاتر کیلات‌ها مربوط به سوخت و سازهای مختلف جذب و متعادل‌سازی آن و عدم وجود آنتاگونیست‌های مربوط به مواد معدنی است (Hackbart *et al.*, 2010).

به‌طور معمول، کیلات‌های آلی به هنگامی‌که دام نیازهای بالایی به مواد مغذی دارد، بسیار مؤثرتر عمل می‌کنند. این افزایشِ نیاز معمولاً به هنگام آبستنی، شیردهی، تنش‌های تولیدمثلی، رشد سریع، از شیرگیری، تنش‌های محیطی (مانند تنش گرمایی و سرمایی)، و بیماری‌ها دیده می‌شود. مصرف کیلات‌های آلی از یک تا دو ماه پیش از زایمان و تا دو ماه پس از تلقیح موجب کاهش معنی‌داری در بروز اسهال در نوزادان و افزایش راندمان باروری خواهد شد (Gayathri & Panda, 2018; Hackbart *et al.*, 2010).

مهمترین دلیل پنهان عملکرد ضعیف گوسفند کمبود مواد معدنی است. این مورد در واقع دلیل شماره یک ۹۰ درصد از مشکلات گله‌ها است. تحقیقات در حوزه مواد معدنی و به‌ویژه مواد معدنی کم‌مصرف در گوسفند کم و محدود هستند و نیاز به مطالعات بیشتر و فراهم‌کردن داده‌های معتبری در این زمینه برای گوسفندان داخلی و حتی خارجی وجود دارد. با توجه به موارد گفته شده، هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر مواد معدنی کیلاته بر زیست‌فراهمی، عملکرد تولیدی و تولیدمثلی میش‌های آبستن و شیرده افشار و بره‌های آن‌ها است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی ماه‌های مهر الی آذر ماه ۱۴۰۳ در یک مزرعه خصوصی پرورش گوسفند در استان تهران شهرستان ورامین انجام شد. حیوانات آزمایشی از یک گله با استفاده از هم‌زمان‌سازی فحلی با ۶۰ راس میش آبستن سنگین نژاد افشار با سن تقریبی دو سال و نوبت زایش دوم در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و ۲۰ تکرار در هر تیمار استفاده شدند. طول دوره آزمایش از روز ۲۱ پیش‌زایش تا روز ۷۰ پس از زایش بود. تیمارهای آزمایشی شامل جیره پایه بدون مکمل معدنی (شاهد)، جیره پایه به‌علاوه تأمین نیاز از طریق شکل کیلاته مواد معدنی کم‌مصرف (کیلاته) و جیره سوم (جیره پایه به‌علاوه تأمین نیاز از طریق شکل آلی مواد معدنی کم‌مصرف (آلی) بود. جیره‌های آزمایشی (جدول ۱) بر اساس تأمین نیازهای متابولیکی میش‌های آبستن و شیرده با استفاده از نرم‌افزار سیستم تغذیه نشخوارکنندگان کوچک SRNS[1] (Tedeschi *et al.*, 2010) بر مبنای ماده خشک دارای ۶۸ درصد علوفه و ۳۲ درصد کنسانتره قبل از زایش و دارای ۷۰ درصد علوفه ۳۰ درصد کنسانتره پس از زایش تنظیم و موازنه شدند. جیره مصرفی به‌صورت کاملاً مخلوط و دو بار در روز (۸ صبح و ۱۶ عصر) به میش‌ها عرضه شد. ترکیب مکمل پیش زایش و پس از زایش در جدول ۲ نشان داده شده است.

[1] - Small Ruminant Nutrition System (SRNS)

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1525]

جدول ۱- اجزا و ترکیب شیمیایی جیره پایه در پیش و پس از بره‌زایی (درصدی از ماده خشک)

Table 1. Ingredients and chemical composition of basal diet (based on % DM)

Post-lambing پس از زایش	Pre-lambing پیش از زایش	Ingredients
29.79	24.62	Wheat straw کاه گندم
40.31	44.53	Corn silage سیلاژ ذرت
17.22	16.06	Barley grain دانه جو
7.00	8.00	Wheat bran سبوس گندم
2.73	4.29	Soybean meal کنجاله سویا
1	0.5	Calcium carbonate کربنات کلسیم
0.5	0	NaCl نمک طعام
0.5	0.5	Toxin binder توکسین بایندر
0.5	0	Bicarbonate sodium بی کربنات سدیم
0.45	0.6	Trace minerals مواد معدنی کم‌مصرف (زیستا)
		Chemical composition ترکیبات شیمیایی
2.7	3.4	Metabolizable energy, Mcal/kg انرژی متابولیسمی (کیلوکالری در کیلوگرم)
12.8	13.7	Crude protein, % پروتئین خام (درصد)
2.28	2.44	Ether extracts, % چربی خام (درصد)
48.70	45.74	NDF, % الیاف نامحلول در شوینده خنثی
0.78	0.71	Calcium, % کلسیم (درصد)
0.24	0.29	Phosphorus, % فسفر (درصد)

جدول ۲- ترکیب مکمل پیش و پس از بره‌زایی (مقدار مصرف ۴۰ گرم)

Table 2. Supplementation composition pre- and post-lambing (40 g)

Pre-lambing پیش از زایش	Post-lambing پس از زایش	Unit واحد	Composition ترکیبات
10000	11000	IU/kg	ویتامینE
87000	60000	IU/kg	ویتامین A
12500	12500	IU/kg	ویتامین D
7.5	7.5	%	کلسیم
1.5	1.5	%	فسفر
2.5	2.5	%	منیزیم
3	10	PPM	کبالت
160	130	PPM	مس
900	400	PPM	منگنز
3	14	PPM	سلنیوم
20	40	PPM	ید
1120	1580	PPM	روی

وزن بدن و نمره وضعیت بدنی (BCS) میش‌ها

میش‌ها پیش از عرضه خوراک وعده صبح در شروع آزمایش، روز زایش و روزهای ۳۵ و ۷۰ پس از زایش با ترازوی دیجیتالی (با دقت ۵۰ گرم) وزن شدند. وضعیت بدنی میش‌ها در آغاز، روز زایش، و روزهای ۳۵ و ۷۰ پس از زایش برمبنای سیستم امتیازدهی ۱ تا ۵ نمره‌دهی شد (Jefferies *et al.*, 1961).

تولید آغوز و ترکیبات شیر

تولید آغوز با وزن‌کردن بره پیش و پس از خوردن آغوز (Ocak *et al.*, 2005) در ۲۴ ساعت پس از زایش و تولید شیر به‌روش دوشش با تزریق عضلانی اکسی‌توسین (Purroy & Jaime, 1995) اندازه‌گیری شد. ترکیبات شیر هر دو هفته در کل دوره‌ی آزمایش اندازه‌گیری و در ترکیبات شیر، مقدار چربی، پروتئین و لاکتوز توسط دستگاه میلکواسکن (Combifoss 5000 Foss Electric, Hillerqd, Denmark) اندازه‌گیری شد.

وزن بره‌ها

بره‌ها در زمان تولد و ۳۰ و ۷۰ روزگی توزین شدند و افزایش وزن روزانه (توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۵۰ گرم)، اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل نهایی داده‌ها با استفاده از رویه GLM توسط نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ (SAS, 2001) انجام گرفت. مقایسه میانگین تیمارها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۰/۰۵ انجام شد (Duncan, 1955). مدل آماری طرح به‌صورت زیر است:

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

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1525]

در این رابطه، Y_{ij}: مقدار هر مشاهده، μ: میانگین کل مشاهدات، T_i: اثر تیمار و e_{ij}: اثرات خطای آزمایشی هستند.

نتایج و بحث

ماده خشک مصرفی (کیلوگرم در روز) پیش از بره‌زایی در بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت اما پس از بره‌زایی در گروه کنترل کمترین (۰/۰۷±۲/۴۷) و در گروه کیلاته (۰/۰۷±۲/۸۵) بیشترین بود (P <۰/۰۵، جدول ۳). تاثیر استفاده از شکل آلی یا کیلاته مواد معدنی بر ماده خشک مصرفی در منابع مختلف دارای نتایج ضد و نقیضی است که می‌تواند به‌دلیل تعداد عناصر، دوز مورد استفاده و یا ترکیب کیلاته‌کننده باشد. استفاده از مکمل روی در جیره میش‌های شیرده سبب افزایش مصرف خوراک شد (Hatfield *et al.*, 1995). در پژوهشی تأثیر استفاده از شکل‌های مختلف کروم (کروم معدنی، کروم- متیونین و نانو ذرات کروم) بر مصرف خوراک، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و متابولیت‌های خون میش‌های افشار در دوره‌ی انتقال بررسی شد. ماده خشک مصرفی میش‌ها از هفته سوم تا ششم پس‌از زایش در میش‌های دریافت‌کننده کروم- متیونین و نانوذرات کروم یک روند صعودی داشت (Asadi *et al.*, 2023). افزودن مواد معدنی به جیره میش‌ها با استفاده از کیلات روی و مس متیونین در مقایسه با شکل سولفاته تاثیری بر میانگین خوراک مصرفی نداشت (Pal *et al.*, 2010). همچنین گزارش شد که خوراندن سطوح مختلف سلنیوم در میش‌های آبستن تأثیری بر ماده خشک مصرفی میش‌ها نداشت (Meyer *et al.*, 2010). امانلو و همکاران (Amanloo *et al.*, 2014) گزارش کردند که استفاده از شکل کیلات گلایسین مواد معدنی کم‌مصرف تأثیری بر ماده خشک مصرفی میش‌های افشاری نداشت.

تولید آغوز، تولید و ترکیب شیر

تولید آغوز (کیلوگرم در روز) و تولید شیر (کیلوگرم در روز) در گروه کیلاته (۰/۰۷±۲/۸۵) به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو گروه دیگر بود (P <۰/۰۵، جدول ۳). درصدهای چربی، پروتئین و لاکتوز شیر در بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشتند (P >۰/۰۵، جدول ۳). مواد معدنی آلی دارای اثرات مفیدی مانند تقویت کننده تولید و افزایش کیفیت تولید شیر هستند (Hackbart *et al.*, 2010). جذب مواد معدنی کمیاب و رسوب بافت از برخی از منابع آلی به‌نظر می‌رسد که بالاتر از منابع معدنی باشد. پال و همکاران (Pal *et al.*, 2010) نشان دادند که در میش‌ها مقادیر زیست‌فراهمی مس و روی به‌شکل مس- متیونین و روی- متیونین ۳۳ درصد و ۵۲ درصد بیشتر از مس معدنی و سولفات روی بود. استفاده از شکل آلی مواد معدنی در گاوهای شیری باعث افزایش تولید شیر و سطح چربی شیر شد (Nocek *et al.*, 2006). استفاده از همان سطح مکمل در گاو شیری: روی (۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، منگنز (۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و مس (۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از منابع کلاته منجر به افزایش تولید شیر (۱۱ درصد)، درصد چربی و پروتئین شیر (هر دو تقریباً ۷ درصد) در مقایسه با منابع معدنی شد (El Ashry *et al.*, 2012). در یک پژوهش، اثر خوراندن منابع متفاوت مواد معدنی کم‌مصرف (روی، مس، منگنز، سلنیوم و کبالت) از پنج هفته پیش از زایش تا پنج هفته پس از زایش بر عملکرد و سلامت میش‌های افشاری بررسی شد. تولید آغوز، تولید شیر و ترکیبات شیر میش‌ها تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفتند (Amanloo *et al.*, 2014). همچنین گزارش شد که میش‌های تغذیه‌شده با منبع سلنیوم آلی در مقایسه با سلنیوم معدنی، تولید شیر، چربی شیر، پروتئین و لاکتوز بالاتری داشتند (Khalil *et al.*, 2023). با مقایسه شکل سولفاته و دو سطح کیلات روی متیونین در میش‌های آبستن نژاد بارکی مشاهده کردند که تولید شیر و ترکیبات شیر در هر دو سطح گروه آلی نسبت به گروه سولفاته بالاتر بود (Hassan *et al.*, 2011).

جدول ۳- تاثیر تغذیه منابع مختلف مواد معدنی پیش و پس از بره‌زایی بر ماده خشک مصرفی، تولید آغوز، تولید شیر و ترکیبات شیر میش‌های افشاری

Table 3. Effects of feeding different trace mineral sources pre- and post-lambing on DMI, colostrum, milk yield, and composition in Afshari ewes

	Treatments			SEM	P-Value
	Control	Chelate	Organic		
DMI pre-lambing (kg) ماده خشک مصرفی پیش از بره‌زایی (کیلوگرم/روز)	1.72	1.71	1.74	0.03	0.73
DMI post-lambing (kg) ماده خشک مصرفی پس از بره‌زایی (کیلوگرم/روز)	2.47 [c]	2.88 [a]	2.70 [b]	0.07	0.04
Colostrum yield (kg) تولید کلستروم (کیلوگرم)	0.23 [c]	0.44 [a]	0.33 [b]	0.08	0.01
Milk yield (kg) تولید شیر (کیلوگرم)	0.54 [b]	0.78 [a]	0.63 [b]	0.08	0.03
Fat (%) چربی (درصد)	6.33	6.40	6.38	0.40	0.38
Fat (kg/d) چربی (کیلوگرم در روز)	0.03	0.05	0.04	0.03	0.75
Protein (%) پروتئین (درصد)	5.31	5.35	5.31	0.20	0.75
Protein (kg/d) پروتئین (کیلوگرم در روز)	0.03	0.04	0.03	0.05	0.65
Lactose (%) لاکتوز (درصد)	4.73	4.75	4.74	0.15	0.80
Lactose (kg/d) لاکتوز (کیلوگرم در روز)	0.02	0.03	0.03	0.04	0.56

حروف غیر متشابه در هر ردیف دارای اختلاف معنی دار هستند (P <۰/۰۵).

وزن بدن و نمره وضعیت بدنی (BCS)

وزن بدن در شروع آزمایش و در زمان بره‌زایی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی نداشت (P >۰/۰۵، جدول

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1525]

۴). وزن بدن در ۳۵ و ۷۰ روزگی در گروه کنترل به‌طور معنی‌داری کمتر از دو گروه دیگر بود (P <۰/۰۵، جدول ۴) ولی بین گروه آلی و کیلاته تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (P >۰/۰۵، جدول ۴). در ۳۵ و ۷۰ روزگی میش‌های گروه کنترل نسبت به دو گروه دیگر وزن بیشتری از دست دادند (P <۰/۰۵، جدول ۴) ولی بین گروه آلی و کیلاته تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (Pb>۰/۰۵، جدول ۴). همسو با نتایج پژوهش حاضر، گزارش شد که تجویز روزانه کپسول‌های ژلاتینه با دو شکل متفاوت سولفاته و کمپلکس آمینواسید روی و مس به‌مدت ۱۴ روز روی گوسفند، وزن بدن در پایان مطالعه و تغییرات وزن بدن از شروع تا پایان مطالعه در گروه مکمل شده نسبت به گروه شاهد که مکملی را دریافت نکردند بیشتر بود (Hatfield *et al.*, 2001). برخلاف نتایج پژوهش حاضر، اثر خوراندن منابع متفاوت موادمعدنی کم‌مصرف (روی، مس، منگنز، سلنیوم و کبالت) از پنج هفته پیش از زایش تا پنج هفته پس از زایش بر عملکرد و سلامت میش‌های افشاری بررسی شد. وزن بدن، امتیاز وضعیت بدنی و تغییرات آنها در میش‌ها تحت تاثیر تیمارها قرار نگرفتند (Amanloo *et al.*, 2014). تغذیه منبع سلنیوم از ۱۳±۱ روز آبستنی میش‌ها و همچنین در دوره شیردهی وزن ابتدایی و نهایی میش‌ها را تحت تأثیر قرار نداد (Neville *et al.*, 2008). در پژوهشی که با مقایسه اثر شکل سولفاته و شکل آلی روی و مس- متیونین در میش‌های آبستن انجام شد، تفاوتی در وزن بدن میش‌ها در شروع و پایان آزمایش در ۱۱۳ روز مطالعه مشاهده نشد (Pal *et al.*, 2010). در یک پژوهش انجام شده، بزها با اشکال مختلف آلی و معدنی روی تغذیه شدند و تفاوت‌های قابل‌توجهی در طول، عرض و شدت کراتینه شدن پاپیلای شکمبه‌ای گزارش شدند (Černík *et al.*, 2013). پاپیلای به‌خوبی توسعه‌یافته در بزغاله‌هایی که مکمل روی را به‌شکل اکسید روی (Kawashim *et al.*, 1997) استفاده کردند دیده شد.

جدول ۴- تاثیر تغذیه منابع مختلف مواد معدنی پیش و پس از بره زایی بر وزن بدن و از دست رفتن وزن بدن (کیلوگرم) در میش‌های افشاری

Table 4. Effects of feeding different trace mineral sources pre- and post-lambing on body weight (BW) (kg) and BW loss in Afshari ewes

P-Value	SEM	Treatments			
		Organic	Chelate	Control	
0.68	3.14	66.82	66.23	68.42	Initial BW (kg) وزن بدن (کیلوگرم)
0.73	3.37	62.41	61.35	60.78	BW at lambing (kg) وزن بدن در زمان برەزایی (کیلوگرم)
0.04	1.86	4.41 ^{b}	4.88 ^{b}	8.64 ^{a}	BW loss at lambing (kg) از دست رفتن وزن بدن در زمان برەزایی (کیلوگرم)
0.03	2.51	54.47 ^{a}	55.58 ^{a}	48.64 ^{b}	BW at 35 d post-lambing (kg) وزن بدن در روز ۳۵ پس از برەزایی (کیلوگرم)
0.03	1.78	-7.94 ^{b}	-5.76 ^{b}	-11.14 ^{a}	BW loss at 35 d post-lambing (kg) از دست رفتن وزن بدن تا روز ۳۵ پس از برەزایی (کیلوگرم)
0.01	2.70	50.47 ^{a}	52.64 ^{a}	44.71 ^{b}	BW at 70 d post-lambing (kg) وزن بدن در روز ۷۰ پس از برەزایی (کیلوگرم)
0.01	3.31	-11. 94 ^{b}	-8.70 ^{b}	-16.07 ^{a}	BW loss at 70 d post-lambing (kg) از دست رفتن وزن بدن تا روز ۷۰ پس از برەزایی (کیلوگرم)

حروف غیر متشابه در هر ردیف نشانگر اختلافات معنی دار هستند (P <۰/۰۵).

BCS در شروع آزمایش و در زمان برەزایی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی نداشت (P >۰/۰۵، جدول ۵). در ۳۵ و ۷۰ روزگی، میش‌های گروه کنترل در مقایسه با دو گروه دیگر به‌طور معنی‌داری BCS کمتری داشتند (P <۰/۰۵، جدول ۵) ولی بین گروه آلی و کیلاته تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (Pb>۰/۰۵، جدول ۵). در ۳۵ و ۷۰ روزگی، میش‌های گروه کنترل نسبت به دو گروه دیگر BCS بیشتری را از دست دادند (P <۰/۰۵، جدول ۵) ولی بین گروه آلی و کیلاته تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (P >۰/۰۵، جدول ۵). یاسویی و همکاران (Yasui *et al.*, 2014) با بررسی شکل هیدروکسی مس، روی و منگنز در مقایسه با شکل سولفاته در گاوهای هلشتاین از ۲۱ روز پیش از زایش مورد انتظار تا ۸۴ روز پس از زایش گزارش کردند که تغییرات BCS درطی آبستنی بین گروه‌های آزمایشی یکسان بود. از سوی دیگر، مارکویز و همکاران (Marques *et al.*, 2016) با مقایسه شکل سولفاته و کمپلکس آلی مس، روی، منگنز و کبالت در ۸۴ رأس گاو آبستن مشاهده کردند که گاوهای گروه شاهد که هیچ نوع مکمل معدنی اضافی دریافت نکردند افزایش BCS کمتری در مقایسه با گاوهای گروه سولفاته و آلی طی سه ماه پایانی آبستنی داشتند. اما در مطالعه‌ای که با بررسی اثر سطوح مختلف سلنیوم از روز ۴۰ آبستنی تا روز ۲۰ شیردهی انجام شد، میش‌هایی که جیره با سلنیوم بالا را دریافت کردند از روز ۹۵ آبستنی تا روز برەزایی و همچنین در دوره شیردهی BCS بالاتری نسبت به میش‌هایی که جیره با سلنیوم متوسط را دریافت کردند، داشتند (Meyer *et al.*, 2010).

ناگلاسمی و همکاران (Nagalaxmi *et al.*, 2018) گزارش دادند که عملکرد رشد و ایمنی وضعیت گوساله‌های گاومیش زمانی‌که روی آلی تا ۷۵ درصد جایگزین روی معدنی شد افزایش یافت که دلیل آن تأثیر مثبتی بر پروتوزوآی شکمبه داشت و به‌دنبال آن به‌طور غیرمستقیم تخریب پروتئین خوراک بود (Neathery *et al.*, 1973). همچنین، غلظت مولی پروپیونات با افزایش سطح روی- متونین در مقایسه با شکل معدنی تمایل به افزایش و غلظت مولی بوتیرات و والرات کاهش نشان داد. این افزایش پروپیونات و کاهش غلظت بوتیرات مشاهده شده در نشخوارکنندگان مصرف‌کننده روی آلی نشان دهنده بهبود کارایی میکروبی مصرف انرژی است (Arelovich *et al.*, 2014).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1525]

جدول ۵- تأثیر تغذیه منابع مختلف مواد معدنی پیش و پس از بره‌زایی بر نمره وضعیت بدنی (BCS) و تغییرات BCS در میش‌های افشاری

Table 5. Effects of feeding different trace mineral sources pre- and post-lambing on body condition scores (BCS) and BCS loss in Afshari ewes

	Treatments			SEM	P-Value
	Organic	Chelate	Control		
Initial BCS نمره وضعیت بدنی ابتدایی	4.00	4.00	4.07	0.25	0.72
BCS at lambing نمره وضعیت بدنی در زمان بره‌زایی	3.85	3.95	3.67	0.28	0.73
BCS loss at lambing از دست رفتن نمره وضعیت بدنی در زمان بره‌زایی	-0.15 [b]	-0.05[b]	-0.33 [a]	0.22	0.04
BCS at 35 d post-lambing نمره وضعیت بدنی در روز ۳۵ پس از بره‌زایی	3.67 [a]	3.84 [a]	3.25 [b]	0.21	0.04
BCS loss at 35 d post-lambing از دست رفتن نمره وضعیت بدنی تا روز ۳۵ پس از بره‌زایی	0.18 [b]	-0.11 [b]	-0.42 [a]	0.20	0.01
BCS at 70 d post-lambing نمره وضعیت بدنی در روز ۷۰ پس از بره‌زایی	3.70 [a]	3.78 [a]	3.09 [b]	2.70	0.01
BCS loss at 70 d post-lambing از دست رفتن نمره وضعیت بدنی تا روز ۷۰ پس از بره‌زایی	-0.15[b]	-0.17 [b]	-0.58 [a]	3.31	0.01

حروف غیر متشابه در هر ردیف نشانگر اختلافات معنی‌دار هستند (P <۰/۰۵).

وزن بره

وزن تولد بره‌ها، وزن بدن در ۳۵ روزگی، وزن بدن در ۷۰ روزگی و افزایش وزن بدن تا ۷۰ روزگی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی داشتند (P <۰/۰۵). وزن تولد و روند افزایش وزن در سنین ۳۵ و ۷۰ روزگی در تیمار کیلاته نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی بیشتر بودند (جدول ۶). مس، روی، منگنز و کبالت نقش‌های مهمی را در عملکـردهای آنزیمی و متابولیکی طی رشد جنین ایفا می‌کنند (Hostetler *et al.*, 2003). گزارش شده است که تزریق مس، کبالت و ید در ۱۲۰ روز آبستنی میش تأثیری بر وزن تولد بره‌ها نداشت (Norouzian *et al.*, 2014). بره‌های میش‌های تغذیه‌شده با سلنیوم آلی در مقایسه با سایر تیمارها افزایش وزن بدن بالاتری داشتند (Khalil *et al.*, 2023). می‌توان نتیجه گرفت که مصرف موادمعدنی آلی با افزایش دفاع آنتی اکسیدانی و ایمنی اثرات مفیدی بر بره‌ها دارد که با افزایش وزن بیشتر منعکس می‌شود (Cazarotto *et al.*, 2018). گزارش شد که مکمل‌کردن روی در میش‌های مرینو در چراگاه از زمان جفتگیری تا آبستنی، وزن بره‌ها در گروه دریافت‌کننده روی را نسبت به گروه شاهد افزایش داد (Masters & feld, 1980). مارکوئیس و همکاران (Marques *et al.*, 2016) گزارش کردند که جیره‌های دارای روی متیونین بیشتر از توصیه‌های NRC(1985) عملکرد بره‌های پرواری را افزایش دادند و با اثر مثبت بر تولید شیر منجر به افزایش وزن از شیرگیری شدند. استفاده از قرص‌های آهسته‌رهش روی، سلنیوم و کبالت در میش‌های نژاد مهربان طی شش هفته آخر آبستنی سبب افزایش وزن تولد بره‌ها شد (Aliarabi & Fadayifar, 2013). گزارش شد که خوراندن بلوس آهسته‌رهش دارای برخی عناصر کم‌مصرف در چهار هفته پیش از جفتگیری میش‌های افشاری وزن تولد و دوماهگی بیشتری برای بره‌های دریافت‌کننده بلوس به‌همراه داشت (Abdollahi & Kohram, 2015).

جدول ۶- تأثیر تغذیه منابع مختلف مواد معدنی پیش و پس از بره‌زایی وزن تولد بره‌ها و افزایش وزن روزانه بره‌های افشاری

Table 6. Effects of feeding different trace mineral sources pre- and post-lambing on birth weight and average daily gain (ADG) of Afshari lambs

	Treatments			SEM	P-Value
	Control	Chelate	Organic		
Birth Weight (kg) وزن تولد (کیلوگرم)	3.07 [b]	3.80 [a]	3.12[b]	0.15	0.02
BW at 35 d (kg) وزن بدن در ۳۵ روزگی (کیلوگرم)	10.71 [b]	11.88[a]	10.75 [b]	0.20	0.03
ADG until 35 d (kg/d) افزایش وزن روزانه بدن تا ۳۵ روزگی (کیلوگرم)	0.22	0.23	0.22	0.02	0.64
BW at 70 d (kg) وزن بدن در ۷۰ روزگی (کیلوگرم)	15.80 [b]	18.92[a]	16.54 [b]	0.25	0.03
ADG until 70 d (kg/d) افزایش وزن روزانه بدن تا ۷۰ روزگی (کیلوگرم)	0.18 [b]	0.22[a]	0.19 [b]	0.01	0.03

حروف غیر متشابه در هر ردیف نشانگر اختلافات معنی‌دار هستند (P <۰/۰۵).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از شکل کیلاته عناصر معدنی کم‌مصرف سبب کاهش از دست رفتن نمره وضعیت بدنی (BCS) و وزن بدن پس از زایش در میش‌ها شد و همچنین وزن تولد بره‌ها را افزایش داد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و در قالب رساله دکتری انجام شد.

References

Abdollahi, E., & Kohram, H. (2015). Effects of a sustained-release multi-trace element ruminal bolus on sex ratio, reproductive traits and lamb's growth in synchronized Afshari ewes. *The Iranian Journal of Veterinary Science and Technology*, 7(1), 1-11.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1525]

Arelovich, H. M., Amela, M. I., Martínez, M. F., Bravo, R. D., & Torrea, M. B. (2014) Influence of different sources of zinc and protein supplementation on digestion and rumen fermentation parameters in sheep consuming low-quality hay. *Small Ruminant Research*, 121(2-3), 175-182.

Asadi, M., Toghdory, A., Ghoorchi, T., & Hatami, M. (2023). The effect of maternal organic manganese supplementation on performance, immunological status, blood biochemical and antioxidant status of Afshari ewes and their newborn lambs in transition period. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 10, 5

Aliarabi, H., & Fadayifar, A. (2013). Effect of slow-release bolus on some blood metabolites and lambing performance of ewes. In The second international conference on agriculture and natural resources (Vol. 2, pp. 8-10).

Cazarotto, C. J., Boito, J. P., Gebert, R. R., Reis, J. H., Machado, G., Bottari, N. B., ... & Da Silva, A. S. (2018). Metaphylactic effect of minerals on immunological and antioxidant responses, weight gain and minimization of coccidiosis of newborn lambs. *Research in Veterinary Science*, 121, 46-52.

Černík, J., Pavlata, L., Pechová, A., Mišurová, L., & Jokverová, O. (2013) Effects of peroral supplementation of different forms of zinc on the ruminal mucosa of goat kids -A morphometric study. *Acta Veterinaria Brno*, 82, 399-403.

El Ashry, G. M., Hassan, A. A. M., & Soliman, S. M. (2012). Effect of feeding a combination of Zinc, Manganese and Copper Methionine chelates of early lactation high producing dairy cow. *Food and Nutrition Science*, 3, 1084-1091.

Jefferies, B. C. (1961). Body condition scoring and its use in management. *Tasmanian Journal of Agriculture*, 32, 19-21.

Gayathri, S. L., & Panda, N. (2018). Chelated minerals and its effect on animal production: A review. *Agricultural Reviews*, 39(4), 314-320.

Hackbart, K. S., Ferreira, R. M., Dietsche, A. A., Socha, M.T., Shaver, R. D., Wiltbank, M. C., & Fricke, P. M. (2010). Effect of dietary organic zinc, manganese, copper, and cobalt supplementation on milk production, follicular growth, embryo quality, and tissue mineral concentrations in dairy cows. *Journal of Animal Science*, 88(12), 3856-3870.

Hassan, A. A., El Ashry, G. M., & Soliman, S. M. (2011). Effect of supplementation of chelated zinc on milk production in ewes. *Food and Nutrition Sciences*, 2(7), 706-713.

Hatfield, P. G., Snowder, G. D., Head Jr, W. A., Glimp, H. A., Stobart, R. H., & Besser, T. (1995). Production by ewes rearing single or twin lambs: effects of dietary crude protein percentage and supplemental zinc methionine. *Journal of Animal Science*, 73(5), 1227-1238.

Hatfield, P. G., Swenson, C. K., Kott, R. W., Ansotegui, R. P., Roth, N. J. & Robinson, B. L. (2001). Zinc and copper status in ewes supplemented with sulfate-and amino acid-complexed forms of zinc and copper. *Journal of Animal Science*, 79(1), 261-266.

Hostetler, C. E., Kincaid, R. L., & Mirando, M. A. (2003). The role of essential trace elements in embryonic and fetal development in livestock. *The Veterinary Journal*, 166(2), 125-139.

Kawashima, T., Henry, P. R., Ammerman, C. B., Littell, R. C., & Price, J. (1997). Bioavailability of cobalt sources for ruminants. 2. Estimation of the relative value of reagent grade and feed grade cobalt sources from tissue cobalt accumulation and vitamin B12 concentrations. *Nutrition Research*, 17, 957-974.

Khalil, M. M., Soltan, Y. A., Abou Khadiga, G., Elmahdy, A., Sallam, S. M., Zommara, M. A., ... & Khattab, I. M. (2023). Comparison of dietary supplementation of sodium selenite and bio-nanostructured selenium on nutrient digestibility, blood metabolites, antioxidant status, milk production, and lamb performance of Barki ewes. *Animal Feed Science and Technology*, 297, 115592.

Lalhriatpuii, M., Chatterjee, A., Dutta, T. K., Mohammad, A., & Patra, A. K. (2023). The Effects of Dietary Inorganic and Organic Chromium Supplementation on Blood Metabolites, Hormones, and Mineral Composition of Blood and Internal Organs in Black Bengal goats. *Biological Trace Element Research*, 1-17.

Masters, D. G., & Fels, H. E. (1980). Effect of zinc supplementation on the reproductive performance of grazing Merino ewes. *Biological Trace Element Research*, 2(4), 281-290.

Meyer, A. M., Reed, J. J., Neville, T. L., Taylor, J. B., Hammer, C. J., Reynolds, L. P., ... & Caton, J. S. (2010). Effects of plane of nutrition and selenium supply during gestation on ewe and neonatal offspring performance, body composition, and serum selenium. *Journal of Animal Science*, 88(5), 1786-1800.

Marques, R. S., Cooke, R. F., Rodrigues, M. C., Cappellozza, B. I., Mills, R. R., Larson, C. K., ... & Bohnert, D. W. (2016). Effects of organic or inorganic cobalt, copper, manganese, and zinc supplementation to late-gestating beef cows on productive and physiological responses of the offspring. *Journal of Animal Science*, 94(3), 1215-1226.

Nagalakshmi D., Sridhar K., Satyanarayana M., Parashu Ramulu S., Narwade V. S., & Vikram L. (2018) Effect of replacing inorganic Zinc with a lower level of organic zinc (Zn propionate) on performance of biochemical constituents, antioxidant, immune and mineral status in buffaloe calves. *Indian Journal of Animal Science*, 52(9), 1292-1297.

Neathery, M. W., Miller, W. P., Blackmon, D. M., Gentry, R. P., & Jones, I. B. (1973) Absorption and tissue zinc content in lactating dairy cows as affected by low dietary zinc. *Journal of Animal Science*, 37, 848-852.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1525]

Neville, T. L., Ward, M. A., Reed, J. J., Soto-Navarro, S. A., Julius, S. L., Borowicz, P. P., ... & Caton, J. S. (2008). Effects of level and source of dietary selenium on maternal and fetal body weight, visceral organ mass, cellularity estimates, and jejunal vascularity in pregnant ewe lambs. *Journal of Animal Science*, 86(4), 890-901.

Nocek,J. E., Socha, M. T., & Tomlinson, D. J. (2006). The effect of trace mineral fortification level and source on performance of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 89, 2679-2693.

Norouzian, M. A., Malaki, M., & Khadem, A. A. (2014). Effects of the Parenteral Administration of Cobalt, Copper and Iron in Late Pregnancy on Ewe Hematology and Lamb Vigour. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 4(2), 285-289.

NRC. (1996). Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy Press. Washington D. C. Sci., Washington DC.

Ocak, N., Cam, M. A. & Kuran, M. (2005). The effect of high dietary protein levels during late gestation on colostrum yield and lamb survival rate in singleton-bearing ewes. *Small Ruminant Research*, 56(1-3), 89-94.

Pal, D. T., Gowda, N. K. S., Prasad, C. S., Amarnath, R., Bharadwaj, U., Babu, G. S. & Sampath, K. T. (2010). Effect of copper-and zinc-methionine supplementation on bioavailability, mineral status and tissue concentrations of copper and zinc in ewes. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 24(2), 89-94.

Purroy, A., & Jaime, C. (1995). The response of lactating and dry ewes to energy intake and protein source in the diet. *Small Ruminant Research*, 17(1), 17-24.

Suttle, N. (2022). Mineral nutrition of livestock. GB: Cabi.

Tedeschi, L.O., Cannas, A., & Fox, D.G. (2010). A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and other nutrients for domesticated small ruminants: the development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. *Small Ruminant Research*, 89, 174-184.

Toghdory, A., Asadi, M., Ghoorchi, T., & Hatami, M. (2023). Impacts of organic manganese supplementation on blood mineral, biochemical, and hematology in Afshari Ewes and their newborn lambs in the transition period. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 79, 127215.

Yasui, T., Ryan, C. M., Gilbert, R. O., Perryman, K. R., & Overton, T. R. (2014). Effects of hydroxy trace minerals on oxidative metabolism, cytological endometritis, and performance of transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3728-3738.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-04]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1525]