تولیدات دامی
دوره ۲۲ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۹
صفحه‌های ۲۳۵-۲۲۳

ارزیابی غلظت‌های مختلف کبالت در جیره بره‌های پرواری: اثر بر عملکرد، برخی متابولیت‌های خون و فراسنجه‌های تخمیر شکمبه

الهام ندری[۱]، فردین هژبری[۲*]، محمد مهدی معینی[۲]
۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۲. دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۰۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۱۶

چکیده

به‌منظور ارزیابی تأثیر کبالت بر عملکرد، برخی فراسنجه‌های خونی و تخمیر، آزمایشی با استفاده از ۲٤ رأس بره نر سه تا چهار ماهه با میانگین وزن ۳۰ کیلوگرم در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و شش تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل جیره پایه (شاهد؛ حاوی ۰/۰۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم کبالت)؛ جیره پایه+ ۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم کبالت؛ جیره پایه+ ۰/٤ میلی‌گرم در کیلوگرم کبالت و جیره پایه+ ۰/٦ میلی‌گرم در کیلوگرم کبالت بودند. به‌منظور تعیین فراسنجه‌های خون در روزهای صفر، ٤٥ و ۷۰ از سیاهرگ وداج خون‌گیری و برای بررسی فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای از طریق مری، مایع شکمبه گرفته شد. مکمل کبالت تأثیر معنی‌داری بر میزان افزایش وزن روزانه، ماده خشک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک، میزان ویتامین B_{12}، کلسترول، تری‌گلیسیرید، آلبومین سرم خون و هم‌چنین غلظت‌های آلکالین فسفاتاز و آلانین ترانس آمیناز نداشت. غلظت آمونیاک مایع شکمبه در سطح ۰/۲ و ۰/٤ مکمل افزایش یافت (P<۰/۰۵) ولی غلظت اسیدهای چرب فرّار، pH شکمبه و جمعیت پروتوزوآیی شکمبه تغییری نکرد. غلظت‌های کبالت، آهن، روی و مس پلاسما تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد افزودن مکمل کبالت به جیره تا سطح ۰/٦ با وجود تغییرات محدود در برخی فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای اثر معنی‌داری بر عملکرد بره‌ها نداشت؛ به‌نظر می‌رسد که کبالت موجود در جیره پایه برای نیاز کبالت بره‌های در حال رشد سنجابی کافی می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: آلانین ترانس آمیناز، آلکالین فسفاتاز، پروتئین سرم، پروتوزوآ، ویتامین B_{12}.

Assessment of different cobalt concentrations in the diet of fattening lambs: Effect on performance, some blood metabolites and rumen fermentation parameters

Elham Nadri[1], Fardin Hozhabri[2]*, Mohammad Mehdi Moeini[2]
1. Former M.Sc. Student, Animal Science Department, Agricultural Faculty, Razi University, Kermanshah, Iran
2. Associate Professor, Animal Science Department, Agricultural Faculty, Razi University, Kermanshah, Iran
Received: October 26, 2019 Accepted: March 6, 2020

Abstract

In order to evaluate the effect of cobalt on performance, some blood and ruminal fermentation parameters an experiment was performed using 24 three to four months old male lambs, with an average weight of 30 kg in a completely randomized design with four treatments and six replications. The experimental treatments consisted of: basic diet (control; containing 0.083 mg cobalt /kg DM); basal diet + 0.2 mg Cobalt /kg DM, basal diet + 0.4 mg cobalt /kg DM, and basal diet + 0.6 mg / kg of cobalt. In order to determine blood parameters on days 0, 45, 70, blood samples were collected from jugular vein and ruminal fluid through the esophagus were taken to evaluate ruminal fermentation parameters. Cobalt supplement had no significant effect on daily gain, dry matter intake, feed conversion ratio, serum B_{12}, cholesterol, triglyceride and albumin and also alkaline phosphatase and alanine transaminase. Ruminal ammonia concentration increased at the level of 0.2 and 0.4 (P<0.05), but concentration of volatile fatty acids, rumen pH and protozoan population did not influence. The concentrations of cobalt, iron, zinc and copper minerals were not affected by treatments. The results of the present study showed that adding cobalt supplementation to the diet up to the level of 0.6, despite limited changes in some blood and ruminal parameters did not have a significant effect on the performance of lambs; it seems that the cobalt in the basic diet could be sufficient for the cobalt requirements of growing Sanjabi lambs.

Keywords: alanine transaminase, alkaline phosphatase, protozoa, serum protein, vitamin B_{12}

* نویسنده مسئول
Email: Hozhabri@razi.ac.ir

مقدمه

کمبود کبالت می‌تواند رشد و پرورش نشخوارکنندگان را تحت تأثیر قرار دهد؛ ساخته‌شدن ویتامین B_{12} نیازمند حضور کبالت است، به‌طوری‌که ٤/٤ درصد این ویتامین را کبالت تشکیل می‌دهد [٢٠]. کمبود کبالت در خوراک حیوان نشخوارکننده سبب می‌شود که میکروارگانیسم‌های شکمبه ویتامین B_{12} کم‌تری تولید کنند و در نتیجه ویتامین B_{12} کم‌تری در اختیار حیوان قرار گیرد [٢٥]. در میکروارگانیسم‌های شکمبه عنصر کبالت به‌عنوان کوفاکتور متیل‌مالونیل‌کوآنزیم A موتاز و متیونین‌سینتاز عمل می‌کند؛ این دو آنزیم به‌ترتیب در مراحل اولیه تولید اسید پروپیونیک از گلوکز می‌شود و تبدیل هموسیستئین به متیونین نقش دارند [١٧]. لذا میکروارگانیسم‌های شکمبه برای تولید پروپیونات نیاز به ویتامین B_{12} دارند و بین آن‌ها و ویتامین B_{12} برای تولید پروپیونات، ارتباط مستقیم وجود دارد [٢٤]. کمبود کبالت می‌تواند سبب بروز کم‌خونی، ضعف، بی‌اشتهایی، اختلال در سیستم ایمنی و کاهش وزن شود؛ علاوه بر آن، عنصر کبالت سبب افزایش گوارش‌پذیری مواد مغذی جیره می‌شود [١٥]. نیاز دام‌ها به کبالت متفاوت است و گوسفند در بین دام‌های مزرعه‌ای بیش‌ترین حساسیت را به کمبود کبالت نشان می‌دهد. در بره‌هایی که با جیره دارای کمبود کبالت (٠/٠٨٦ میلی‌گرم کبالت به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک خوراک) تغذیه شدند، مصرف خوراک و رشد کاهش یافت و اضافه‌کردن کبالت (٠/٥٨٦ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک خوراک) باعث افزایش ماده خشک مصرفی و افزایش وزن بره‌ها شد [٢٧]. هم‌چنین افزودن کبالت تا سطح ٠/٥ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده‌خشک خوراک به جیره پایه (حاوی ٠/٠٨٨ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک) سبب بهبود عملکرد، افزایش تولید ویتامین B_{12} در شکمبه و سنتز پروتئین میکروبی در بره‌های نر مهربان شده است [٩]. برخی پژوهش‌گران بیان نمودند که سطح نیاز ٠/٠٧ میلی‌گرم کبالت در روز که برای بزغاله‌ها گزارش شده است [٢٢]، در محدوده مرزی نیاز قرار دارد و گزارش شده است که وزن نهایی و میانگین افزایش وزن روزانه بزهای دریافت‌کننده مکمل کبالت در سطح ٠/٥ بهتر از سطح ٠/٢٥ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک جیره و گروه شاهد (٠/٠٧٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک جیره) می‌باشد [١٣]. از این‌رو، به جهت کمبود اطلاعات لازم در خصوص نیاز واقعی گوسفندان بومی ایران به کبالت و از طرفی کافی نبودن داده‌های مربوط به نیازمندی‌های منتشرشده در مورد دام‌های خارجی، در مطالعه حاضر تأثیر سطوح مختلف کبالت در جیره بر عملکرد و برخی فراسنجه‌های خونی بره‌های نر سنجابی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در واحد گوسفندداری تحقیقاتی دانشگاه رازی، کرمانشاه در سال ١٣٩٧ انجام شد. مراقبت از حیوانات طبق دستورالعمل کمیته اخلاق کار با حیوانات دانشگاه رازی (کد شماره ٢٩-١-٣٩٦) انجام شد. در این آزمایش از تعداد ٢٤ رأس بره نر سنجابی (با متوسط وزن ٣٠ کیلوگرم و سن سه تا چهار ماه) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و شش تکرار در یک دوره ٧٠ روزه استفاده شد. یک دوره دو هفته‌ای برای عادت‌پذیری به جایگاه و جیره پایه و هم‌چنین دریافت داروهای ضد انگل و واکسیناسیون، در نظر گرفته شد. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار جیره پایه (شاهد؛ حاوی ٠/٠٨٣ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک جیره)، جیره پایه+ ٠/٢ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک جیره به شکل سولفات کبالت (مرک، آلمان)، جیره پایه+ ٠/٤ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک جیره و جیره

پایه+ ۰/٦ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک جیره بودند. مکمل کبالت با حدود ۳۰ گرم سبوس کاملاً مخلوط و به‌صورت روزانه به هر بره داده شد. جیره پایه براساس نیاز بره‌های نر سنجابی با متوسط وزن ۳۰ کیلوگرم [۲۲] طوری تنظیم شد که احتیاجات غذایی این حیوانات را تأمین کند (جدول ۱). تجزیه تقریبی شامل ماده خشک (روش شماره ۹۳۰/۱۵)، ماده آلی (روش شماره ۹٤۲/۰۵)، خاکستر (روش شماره ۹۲٤/۰۵)، پروتئین خام (روش شماره ۹۸٤/۱۳) و عصاره اتری (روش شماره ۹۲۰/۳۹) براساس روش پیشنهادی [۵] و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی طبق روش [۲٦] انجام شد. فراسنجه‌های عملکردی شامل افزایش وزن روزانه، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی، برخی فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون و فراسنجه‌های تخمیر شکمبه بررسی شدند. آب به‌طور دائم و آزاد در اختیار بره‌ها قرار گرفت. بره‌ها در فواصل دو هفته‌ای، قبل از نوبت خوراک‌دادن صبح و با فاصله ۸ ساعت گرسنگی در دو روز متوالی توزین و میانگین دو روز به‌عنوان وزن دوره در نظر گرفته شد.

خون‌گیری از سیاهرگ وداج در روزهای صفر، ٤۵ و ۷۰ آزمایش و قبل از خوراک‌دهی صبح انجام شد. از یک لوله آزمایش حاوی ماده ضد انعقاد هپارین برای تهیه پلاسما و یک لوله بدون هپارین برای تهیه سرم استفاده شد. برای جداسازی سرم خون، لوله‌ها به‌مدت ۲۵ دقیقه با ۳۰۰۰ دور و دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند و مقدار دو میلی‌لیتر از سرم، با سمپلر به داخل میکروتیوپ‌ها ریخته و در دمای ۲۲- درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیز نگهداری شد. اندازه‌گیری ویتامین B_{12} سرم با استفاده از کیت ویتامین B_{12} (شرکت Monobind Inc، آمریکا) تهیه‌شده از طریق شرکت آرشا طب، تهران و دستگاه microplate reader (مدل Rayto RT-2100C، چین) انجام شد.

جدول ۱. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه (درصد ماده خشک)

فراسنجه	
ماده خوراکی	درصد
کاه	۲۸/۰۸
جو	۱٦/٤۵
ذرت	۱۷/٦٦
سبوس	۷/۲٤
کلزا	۱٦/۲۸
اوره	۰/٦۹
دی کلسیم فسفات	۰/۲٦
بی‌کربنات سدیم	۱/۱۲
مکمل معدنی- ویتامینی[1]	۱/۲۹
نمک	۰/۱۷
پساب ملاس	۱۰/۷٦
ترکیب شیمیایی جیره (درصد ماده خشک)	درصد
انرژی قابل متابولیسم[2] (مگا کالری/ کیلوگرم ماده خشک)	۲/۸۷
ماده خشک (درصد)	۹۱/۹۱
خاکستر خام (درصد)	۹/۱۵
پروتئین خام (درصد)	۱٤/۵
چربی خام (درصد)	۵/٦
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)	۳٦/۲۸
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)	۲۳/٤
روی (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک)	۱۹/٦۱
مس (میلی‌گرم درکیلوگرم ماده خشک)	۳۹/۹
آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک)	۲۳/۲۳
کبالت (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک)	۰/۰۸۳

۱. هر کیلوگرم مکمل معدنی- ویتامینی شامل Vitamin ۵۰۰۰۰۰IU، Vitamin D3=۱۰۰۰۰۰IU، A= (Vitamin E=۱۰۰ mg)، Ca=٦۰۰۰۰ mg، P =۳۰۰۰۰ mg، Na=٦۰۰۰۰ mg، Mg = ۲۰۰۰۰ mg، Fe=۳۰۰۰ mg، Cu=۳۰۰ mg، Mn=۲۰۰۰ mg، Zn =۳۰۰۰ mg، Se= ۱۰۰ mg، I = ۱۰۰ mg، ۳۰۰۰ mg = آنتی اکسیدان.

۲. محاسبه‌شده براساس NRC (2007).

برای اندازه‌گیری غلظت گلوکز، فعالیت آنزیم‌های آلانین ترانس آمیناز، آلکالین فسفاتاز، پروتئین، کلسترول، آلبومین، تری گلیسیرید، HDL نمونه‌ها از دستگاه اتوآنالایزر (مدل Hitachi ۹۱۲، ژاپن) و کیت‌های تولید شرکت MAN، تحت لیسانس فرانسه (ELTechGroup) استفاده شد. بعد از گرفتن مایع شکمبه توسط لوله مری، pH توسط دستگاه pHمتر (مدل Inolab level2، آلمان) قرائت و ثبت شد. نیتروژن آمونیاکی در نمونه‌های مایع شکمبه با استفاده از روش استاندارد [۱۰] اندازه‌گیری شد. غلظت کل اسیدهای چرب فرّار مایع شکمبه از دستگاه مارخام و روش توصیه‌شده [۷] تعیین شد. شمارش و تعیین جنس پروتوزوآی شکمبه با استفاده از محلول رقیق‌کننده فرمال‌سالین و رقیق‌سازی نمونه شکمبه و شمارش با لام هموسیتومتر به‌وسیله میکروسکوپ نوری انجام گرفت. جنس پروتوزوآ براساس تعداد نواحی مژکی و پراکندگی مژک‌ها بر روی سلول و غلظت کل آن‌ها در هر میلی‌لیتر محتویات شکمبه براساس روش توصیه‌شده [۱۱] شناسایی‌شد. غلظت مواد معدنی در نمونه‌های خوراکی [۲۹] و پلاسمای خون [۲۳] با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل Varian SpectrAA 200، استرالیا) تعیین شد.

در داده‌های مربوط به عملکرد، وزن اولیه به‌عنوان متغییر کمکی (کوواریت) در نظر گرفته شد و داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SPSS (ویرایش ۲۳) رویه GLM برای مدل ۱ و میانگین‌ها با استفاده آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD) انجام شد در سطح پنج درصد مقایسه شدند.

رابطه ۱) $Y_{ij}= A_i + \beta (X_{ij} - X) + Eb_{ij}$

که در این رابطه، Y_{ij}، مشاهده مربوط به تیمار i و زمان اندازه‌گیری j؛ μ، میانگین کلی مشاهده‌ها؛ A_i، اثر تیمار؛ $\beta (X_{ijk} - X)$، وزن اولیه به‌عنوان کوواریت؛ Eb_{ij}، خطای آزمایش است.

داده‌های مربوط به فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون، فعالیت آنزیم‌های خون و فراسنجه‌های هماتولوژی و فراسنجه‌های شکمبه با استفاده از نرم‌افزار SPSS (ویرایش ۲۳)، رویه Mixed به‌صورت اندازه‌گیری‌های تکرارشده در واحد زمان برای مدل (۲) و میانگین‌ها با استفاده از آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد مقایسه شدند.

رابطه ۲) $Y_{ij}=\mu + A_i+ B_j+ A\times B_{ij}+ Eb_{ij}$

که در این رابطه، Y_{ij}، مشاهده مربوط به تیمار i و زمان اندازه‌گیری j؛ μ، میانگین کلی مشاهده‌ها؛ A_i، اثر تیمار؛ B_j، اثر دوره؛ AB_{ij}، اثرمتقابل تیمار i در دوره j؛ Eb_{ij}، خطای آزمایش است.

نتایج و بحث

استفاده از مکمل کبالت در سطوح مختلف (جدول ۲) در جیره بره‌های پرواری تأثیری بر میزان خوراک مصرفی، میزان افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک نداشت.

گزارش شده است که بزهای تغذیه‌شده با جیره دارای سطح پایین کبالت ۰/۱ میلی‌گرم کبالت به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک در مقایسه با بزهای دریافت‌کننده مکمل کبالت تفاوت معنی‌داری از لحاظ افزایش وزن روزانه نداشتند [۱۵]. ولی برخلاف نتایج این پژوهش‌گران و آزمایش حاضر، برخی گزارش‌ها نشان‌دهنده بهبود عملکرد دام به سبب استفاده از مکمل کبالت می‌باشد. میانگین وزن نهایی و افزایش وزن روزانه بره‌های مهربان [٤] و بزهای مرخز [۳] دریافت‌کننده قرص کبالت (محتوی ۰/۰۵۳۵ میلی‌گرم در روز) به‌طور معنی‌داری بالاتر از گروه شاهد بود.

هم‌چنین برخی پژوهش‌گران گزارش دادند که بره‌هایی که با جیره پایه محتوی ۰/۰۸٦ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک تغذیه شدند نسبت به بره‌های دریافت‌کننده مکمل کبالت در سطوح ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک دارای افزایش وزن روزانه کم‌تری بودند.

جدول ۲. اثر سطوح مختلف مکمل کبالت (سولفات‌کبالت)، بر افزایش وزن و مصرف خوراک در بره‌های نر سنجابی

فراسنجه	تیمار[1] (درصد جایگزینی مکمل کبالت در جیره)				SEM	سطح معنی‌داری
	شاهد	۱	۲	۳		
وزن اولیه (کیلوگرم)	۳۰/۰۹	۲۷/۸۹	۳۰/۰۸	۳۰/۰۵	۰/۸٦۸	۰/۷۸۱
وزن نهایی (کیلوگرم)	٤٤/٤۱	٤٤/۲۳	٤۷/۷۹	٤٦/۱٦	۰/۹۲٤	۰/۵۰۹
افزایش وزن کل (کیلوگرم)	۱٤/۳۳	۱٦/۳۵	۱۷/۷۲	۱٦/۱۲	۰/٦۹۲	۰/٤۰۸
افزایش وزن روزانه (گرم در روز)	۲۰٤/۷۰	۲۳۳/۵۱	۲۵۳/۰۹	۲۳۰/۲٤	۱۹/۸۸۷	۰/٤۰۸
ماده خشک مصرفی (گرم در روز)	۱٦۳۰	۱٦۳۰	۱۷۷۰	۱٦۷۰	۰/۰۳۷	۰/۵٤۵
ضریب تبدیل خوراک	۸/۸٦	۸/۰۹	۷/۰۱	۸/۰٤	۰/۵۸۸	۰/۵۳۰

۱. جیره پایه (شاهد؛ حاوی ۰/۰۸۳ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک)، جیره پایه + ۰/۲ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک، جیره پایه +۰/٤ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک و جیره پایه + ۰/٦ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک.

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

هرچند این پژوهش‌گران نشان دادند که اضافه‌کردن سطح کبالت زیادتر از ۰/۰۵ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک، تأثیری بر مصرف ماده خشک یا رشد بره‌ها نداشت و نتیجه گرفتند سطح ۰/۰۵ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک، برای رشد طبیعی بره‌ها کافی می‌باشد [۲۷].

اضافه‌کردن کبالت به جیره‌های دارای کمبود کبالت (میزان کبالت جیره ۰/۰۸٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) باعث بهبود افزایش وزن روزانه بزها شد [۲]، ولی چنین افزایشی در این پژوهش با جیره پایه محتوی ۰/۰۸۳ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک، حتی در سطح ۰/٦ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک مشاهده نشد. از طرفی گزارش شده است مکمل کبالت (یک میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) سبب بهبود عملکرد بزها نسبت به گروه شاهد شد [۲۱]. افزودن کبالت تا سطح ۰/۵ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده‌خشک خوراک به جیره پایه (حاوی ۰/۰۸۸ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک) سبب افزایش ماده خشک مصرفی، افزایش وزن روزانه و بازده تولید در بره‌های نر مهربان شد [۹]. بازده عملکرد بزهای دریافت‌کننده مکمل کبالت در سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک در مقایسه با سطح ۰/۲۵ و تیمار شاهد بهتر بود است، هرچند در بزهای گروه شاهد علامت‌هایی که نشان‌دهنده کمبود کبالت باشد، مانند کمبود خون، مشاهده نشده است [۱۲]. برخی بهبود در عملکرد دام به سبب افزودن مکمل کبالت به جیره را ناشی از سنتز بیش‌تر ویتامین B_{12} در محیط شکمبه معرفی می‌کنند [۱۳].

علی‌رغم گزارش‌های متعدد درخصوص بهبود عملکرد دام به سبب اضافه نمودن مکمل کبالت به جیره بره‌ها یا بزغاله‌ها، نتایج پژوهش حاضر بیانگر چنین افزایشی نیست. به‌نظر می‌رسد جیره پایه محتوی ۰/۰۸۳ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک جیره در این آزمایش به اندازه‌ای کافی بوده است که نیاز دام به کبالت را تأمین نماید و افزودن مقادیر بیش‌تر تأثیر معنی‌داری بر میزان رشد روزانه نداشته است.

میزان ویتامین B_{12} در خون بره‌های دریافت‌کننده سطوح مختلف مکمل کبالت در مقایسه با تیمار شاهد تفاوتی نداشت (جدول ۳). تفاوت میزان ویتامین B_{12} خون در دوره‌های مختلف نمونه‌برداری نیز معنی‌دار نبود

ولی برهم‌کنش زمان و تیمار معنی‌دار بود (P<۰/۰۰۱). به‌نحوی‌که غلظت این ویتامین از لحاظ عددی در ابتدای دوره بیش‌تر از دوره‌های بعدی بود. مکمل‌نمودن جیره با سولفات کبالت تأثیر معنی‌داری نیز بر میزان گلوکز خون نداشت. در طول دوره پرورش نیز تغییری در سطح گلوکز خون به‌واسطه مصرف مکمل کبالت مشاهده نشد. اثر متقابل زمان در تیمار درخصوص غلظت کلسترول سرم خون معنی‌دار بود (P<۰/۰۵)؛ به‌نحوی‌که کاهش در غلظت کلسترول خون به‌واسطه افزودن مکمل کبالت، بیش‌تر ناشی از برهم‌کنش بین تیمار و دوره‌های زمانی مختلف خون‌برداری بود. در ابتدای دوره پرورش، غلظت کلسترول خون نسبت به اواسط و انتهای دوره به‌ترتیب ٤/٨١ و ٥/٥ میلی‌گرم در دسی‌لیتر کم‌تر بود.

اثر متقابل زمان در تیمار درخصوص غلظت تری‌گلیسرید خون نیز معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). این مطلب نشان می‌دهد که تغییر در میزان این فراسنجه بیش‌تر ناشی از برهم‌کنش تیمار و زمان خون‌گیری است تا اثر مکمل‌نمودن جیره با کبالت؛ به‌طوری‌که در ابتدای دوره، غلظت تری‌گلیسرید خون نسبت به اواسط و انتهای دوره به‌ترتیب ١٥/١٥ و ١٩/٣ درصد کم‌تر بود. افزودن کبالت به جیره میزان پروتئین‌کل سرم خون را تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری‌که در سطح مکمل ٠/٤ کم‌ترین بود (P<۰/۰۵)، ولی تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد و گروه‌های دیگر مشاهده نشد. میزان پروتئین کل سرم خون در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری نیز متفاوت بود (جدول ٣)، به‌طوری‌که در اواسط و اواخر دوره نسبت به ابتدای دوره به‌ترتیب ٤٤/٧٣ و ٤٧/٢ درصد کاهش یافت (P<۰/۰۵).

میزان HDL خون نیز تحت تأثیر افزودن مکمل کبالت به جیره قرار نگرفت و تفاوت معنی‌داری بین گروه شاهد و گروه دریافت‌کننده مکمل کبالت مشاهده نشد. برخلاف نتایج این آزمایش، مکمل کبالت در سطوح ٠/٢٥، ٠/٥ و ٠/٧٥ میلی‌گرم برکیلوگرم ماده خشک باعث افزایش غلظت ویتامین B_{12} پلاسمای خون بره‌های زل نسبت به گروه شاهد شد. هرچند، بالاتر از این مقدار تأثیر معنی‌داری بر این فراسنجه‌ها نداشت [٦].

جدول ٣. اثر سطوح مختلف مکمل کبالت بر برخی متابولیت‌ها (میلی‌گرم در دسی لیتر) و آنزیم‌های خون بره‌های نر سنجابی

فراسنجه	تیمار[1] (درصد جایگزینی مکمل کبالت در جیره)					زمان نمونه‌گیری (روز)			SEM	معنی‌داری		
	شاهد	١	٢	٣	٠	٤٥	٧٠			تیمار	زمان	اثر متقابل
ویتامین B_{12} (پیکوگرم در میلی‌لیتر)	٥١٥/٣٢	٦٣١/٦٠	٥٤٢/٤٥	٥٨٣/٧١	٦١٠/٩٩	٥٣٤/٩٣	٥٥٨/٨٩	٢٤/٧٩٥		٠/٢٦٧	٠/٣٥٤	٠/٠٠١
گلوکز (میلی‌گرم در دسی لیتر)	٩٢/٩٩	٨٧/٩٨	٩١/٤٨	٨٨/٣٢	٨٩/٤٨	٩٠/٦٧	٩٠/٤٣	١/١٦٧		٠/٣٥٢	٠/٩٠٧	٠/٢٤٣
کلسترول (میلی‌گرم در دسی لیتر)	٤٥/٥٣	٤٣/٣٢	٤٣/٠٠	٤١/٨٩	٤٠/٠٠	٤٤/٨١	٤٥/٥٠	٠/٦٢٠		٠/٠٦	٠/٠٠١	٠/٠٠١
پروتئین (میلی‌گرم در دسی لیتر)	٥/٧٤[a]	٤/٩٥[ab]	٤/٦٤[b]	٤/٩٥[ab]	٧/٣١[a]	٤/٠٤[b]	٣/٨٦[b]	٠/٢٣٥		٠/٠٤٤	٠/٠٠١	٠/٤٥٩
تری‌گلیسرید (میلی‌گرم در دسی لیتر)	٩٥/٩٧	٩٦/٢٥	٩٨/٩٤	٩٨/٠٢	٨٥/٤٠	١٠٠/٦٥	١٠٥/٨٣	١/٤٣١		٠/٦٤١	٠/٠٠١	٠/٠٢٢
آلبومین (میلی‌گرم در دسی لیتر)	٤/٣٠	٤/٥٥	٤/٣٥	٤/٣٣	٤/١٥[b]	٤/٦٥[a]	٤/٣٤[b]	٠/٠٧٠		٠/٥١١	٠/٠٠٧	٠/٠٦٠
HDL	٢٨/٤٢	٢٧/٩٢	٢٥/٥٦	٢٧/٤٣	٢٧/٢٠	٢٧/٤٢	٢٧/٣٩	٠/٤٨٦		٠/١٧٤	٠/٩٨٠	٠/٢١١
ALT (واحد در لیتر)	٣٣/١٥	٣٤/٠٦	٣٤/٥٩	٣٤/٣٢	٣٣/٧٨	٣٣/٧٩	٣٤/٥٢	٠/٢٠٩		٠/٠٨٣	٠/٢٤٩	٠/٥٩١
ALP (واحد در لیتر)	٢٠٤/١٩	٢٢٣/٢٩	٢١٢/٦٤	٢٢٠/١٤	٢٢٥/٢٦	٢١٢/٠٤	٢٠٧/٩٠	٧/٠٨٨		٠/٨٠٤	٠/٦١٠	٠/٨٣٤

١. جیره پایه (شاهد؛ حاوی ٠/٠٨٣ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک)، جیره پایه + ٠/٢ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک، جیره پایه +٠/٤ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک و جیره پایه + ٠/٦ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک.

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها. HDL= لیپوپروتئین با چگالی بالا، ALT= آلانین ترانس‌آمیناز، ALT= آلکالین فسفاتاز.

افزودن مکمل کبالت تا سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک خوراک به جیره (حاوی ۰/۰۸۸ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک) مکمل‌دهی مطلوب برای تولید ویتامین B_{12} در بره‌های نر مهربان می‌شود؛ به‌طوری‌که غلظت اولیه ویتامین B_{12} در تیمارهای مختلف از لحاظ آماری با یکدیگر تفاوتی را نشان ندادند، اما پس از تغذیه با مکمل کبالت در پایان دوره، غلظت ویتامین B_{12} افزایش یافت [۷۸]. هم‌چنین بزهای دریافت‌کننده جیره دارای کمبود کبالت در حد ۰/۰٤ تا ۰/۰۵ میلی‌گرم کبالت به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک میزان ویتامین B_{12} کبد و پلاسمای کم‌تری نسبت به گروه‌های دریافت‌کننده مکمل کبالت داشتند [١٤]. استفاده از قرص‌های آهسته‌رهش دارای کبالت به مقدار ۰/۰۵۳۵ میلی‌گرم در روز در جیره بره‌های نر و ماده مهربان سبب افزایش غلظت ویتامین B_{12} پلاسما نسبت به گروه شاهد شد [٤]. هم‌چنین بزهای مرخز دریافت‌کننده قرص آهسته رهش کبالت (محتوی ۰/۰۵۳۵ میلی‌گرم در روز) دارای غلظت ویتامین B_{12} سرم بالاتری نسبت به گروه شاهد بودند [۳]. استفاده از ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره مکمل کبالت در جیره بزغاله‌ها به‌صورت آلی (گلوکوهپتونات) و معدنی (سولفات کبالت) پس از ۳۵ روز تغذیه تأثیر معنی‌داری بر غلظت ویتامین B_{12} خون نداشت ولی پس از ۷۵ روز مصرف مکمل آلی توسط بزغاله‌ها، میزان این فراسنجه در خون نسبت به گروه شاهد و گروه دریافت‌کننده فرم معدنی کبالت بالاتر بود [۱۲].

در پژوهش حاضر غلظت گلوکز سرم خون بین ۸۸ تا ۹۲ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر و در تمامی تیمارها در محدوده طبیعی بود. غلظت گلوکز خون تحت تأثیر افزودن مکمل کبالت به جیره قرار نگرفت ولی برخی پژوهش‌گران نشان دادند که اضافه کردن مکمل کبالت در سطح ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی‌گرم درکیلوگرم ماده خشک به جیره بزغاله‌ها سبب افزایش میزان گلوکز خون نسبت به گروه شاهد شد [۱۲]. جذب گلوکز از دستگاه گوارش نشخوارکنندگان محدود است، لذا فرایند گلوکونئوژنز در کبد این دسته از دام‌ها فعال بوده و بخشی از نیاز آن‌ها را به گلوکز تأمین می‌کند. پروپیونات به‌عنوان مهم‌ترین پیش‌ساز گلوکونئوژنز در نشخوارکنندگان تلقی می‌شود. از طرفی کمبود کبالت باعث کمبود ویتامین B_{12} در شکمبه می‌شود و این خود بر باکتری‌های تولیدکننده پروپیونات اثر باز دارندگی دارد [۱۸]، در نتیجه پروپیونات کم‌تری در شکمبه تولید می‌شود و می‌تواند غلظت گلوکز پلاسما را تحت تأثیر قرار دهد. از طرفی کاهش غلظت ویتامین B_{12} سبب کاهش فعالیت آنزیم متیل مالونیل کوآنزیم آموتاز می‌شود که این امر تبدیل متیل مالونیل کوآنزیمآ به سوکسینیل کوآنزیمآ را در کبد کاهش می‌دهد، در نتیجه سبب کاهش تولید پیش‌ساز گلوکز می‌شود [۲۵].

هرچند میزان ویتامین B_{12} شکمبه و هم‌چنین فعالیت آنزیم متیل مالونیل کوآنزیمآ موتاز در آزمایش حاضر اندازه‌گیری نشد ولی عدم تفاوت بین گروه شاهد و تیمارهای آزمایشی در میزان گلوکز و ویتامین B_{12} خون احتمالاً نشان‌دهنده این است که کمبودی از میزان کبالت در دوره‌های مختلف وجود نداشته و تولید پروپیونات در شکمبه از یک طرف و فعالیت گلوکونئوژنز در کبد از طرف دیگر تحت تأثیر قرار نگرفته است. گزارش شده است که کمبود کبالت (میزان کبالت جیره ۰/۰۸٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در بز، سبب نقص در متابولیسم پروپیونات شده و این مهار متابولیسم می‌تواند منجر به کاهش قند خون گردد، زیرا گلوکونئوژنز کاهش می‌یابد. ازآنجاکه پروپیونات یکی از پیش‌سازهای اصلی گلوکز در نشخوارکنندگان است، کاهش یا افزایش نسبت پروپیونات در مایع شکمبه می‌تواند مرتبط با افزایش یا کاهش گلوکز سرم خون در تیمارهای دریافت‌کننده سطوح مختلف کبالت (۰/۲۵، ۰/۷۵ و ۱

میلی‌گرم بر کیلوگرم) باشد [۲۷]. در مطالعه حاضر سطح سرمی پروتئین کل در بره‌ها ٤/٦٤ تا ٥/٧٤ میلی‌گرم در دسی‌لیتر بود. ویتامین B_{12} در متابولیسم کلی پروتئین نقش اساسی دارد و کمبود این ویتامین باعث کاهش سطح پروتئین کل سرم می‌شود [١٦].

کاهش پروتئین کل سرم در بزهایی که دچار کمبود کبالت یا ویتامین B_{12} بودند، گزارش شده است [١٤]. هم‌چنین در بزهایی که جیره آن‌ها داری کمبود کبالت بود (میزان کبالت جیره ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک)، میزان پروتئین سرم کاهش‌یافت [۲]. هرچند پژوهش‌گران دیگری گزارش دادند که افزودن مکمل کبالت در سطح ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک به جیره بزغاله‌های دریافت‌کننده جیره پایه (محتوی ۰/۰۷٦ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک) تأثیری بر غلظت پروتئین کل خون دام نداشت. این پژوهش‌گران نتیجه گرفتند که شاید سطح کبالت در جیره پایه در حدی پایین نبوده که سبب ایجاد تغییرات نامطلوبی در متابولیسم کبدی و متابولیسم بدن شود [۱۲]. نتایج آزمایش ما درخصوص پروتئین سرم بره‌ها تطابقی با یافته‌های پژوهش‌گران فوق ندارد و علی‌رغم این‌که تفاوت آماری معنی‌داری بین گروه شاهد و سطوح ۰/۲ و ۰/٦ مشاهده نشد ولی از لحاظ عددی روند کاهشی داشت و در سطح ۰/٤ کاملاً این کاهش معنی‌دار بود. به‌نظر نمی‌رسد که کاهش پروتئین سرم علی‌رغم عدم کمبود کبالت در جیره، قابل‌توجیه باشد.

افزودن مکمل کبالت به جیره اثر معنی‌داری بر میزان آلانین ترانس‌آمیناز و آنزیم‌های آلکالین فسفاتاز نداشت؛ میانگین میزان این دو آنزیم صرف‌نظر از تیمارهای آزمایشی به‌ترتیب ۳٤/۰۳ و ۲۱۵/۰۷ واحد در لیتر بود. میزان آنزیم آلکالین‌فسفاتاز سرم در بزهایی که به آن‌ها مکمل کبالت داده شد بین ۱۱۳ تا ۱۳۵ واحد در لیتر بود. ولی در تیمار شاهد در اثر کمبود کبالت (کم‌تر از ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) نسبت به سایر تیمارها به دلیل این‌که دچار کمبود کبالت بودند مقدار آنزیم آلکالین‌فسفاتاز از ۱۲۰ به ٦٥٤ واحد بر لیتر افزایش یافت [١٤]. به‌عبارتی دیگر، آنزیم آلکالین فسفاتاز در اثر کمبود کبالت افزایش می‌یابد. در بزهای تغذیه‌شده با جیره‌های کم کبالت (محتوی ۰/۱ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک) نیز فعالیت آنزیم‌های آلکالین فسفاتاز و آسپارتات ترانس‌آمیناز افزایش یافت [۲]. اما نتایج آزمایش حاضر نیز نشان‌دهنده عدم تغییر در غلظت این آنزیم‌های کبدی است و با توجه به نتایج این پژوهش‌گران به‌نظر می‌رسد که جیره بره‌ها دارای کمبود کبالت نبوده است و افزودن آن به جیره بهبودی را در وضعیت این آنزیم‌ها ایجاد نکرده است. هم‌چنین مطابق با نتایج پژوهش حاضر گزارش شده است که افزودن مکمل کبالت در سطح ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک به جیره بزغاله‌ها تأثیر بر غلظت آلکالین فسفاتاز، آلانین ترانس آمیناز، آسپارتات آمینوترانسفراز خون دام نداشته است [۱۲]. هرچند استفاده از قرص آهسته رهش کبالت (محتوی ۰/۰۵۳۵ میلی‌گرم در روز) در جیره بره‌های نر و ماده مهربان [٤] و بزهای مرخز [۳] سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آلکالین فسفاتاز و گلوتاتیون پراکسیداز سرم خون شد. نتایج متناقض گزارش‌شده توسط پژوهش‌گران درخصوص تأثیر کمبود یا عدم کمبود کبالت در جیره بر وضعیت این آنزیم‌ها نشان‌دهنده لزوم انجام پژوهش‌های گسترده‌تر درخصوص رابطه کبالت و آنزیم‌های کبدی است.

تغییرات جمعیت پروتوزوآیی کل (جدول ٤) به‌واسطه افزودن مکمل کبالت به جیره تحت تأثیر اثر متقابل تیمار و زمان نمونه‌برداری بود ($P<۰/۰۵$)؛ به‌عبارتی تفاوت بین تیمارها درخصوص این فراسنجه می‌تواند ناشی از تفاوت

در جمعیت پروتوزوآیی کل در هر مرحله و اثر متقابل مرحله نمونه‌برداری و تیمارهای موردنظر باشد. بررسی جداگانه شمار پروتوزوآیی نشان داد که جمعیت انتودینیوم نیز روند مشابهی داشت و اثر متقابل زمان و تیمار در این خصوص معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). به‌عبارت دیگر، علی‌رغم کاهش معنی‌دار در جمعیت این جنس در گروه‌های دریافت‌کننده مکمل کبالت، به سبب اثر متقابل زمان نمونه‌برداری و تیمار نمی‌توان این تغییرات را ناشی از اثر مکمل ارزیابی کرد. به‌طوری‌که جمعیت پروتوزوآیی کل و انتودینیوم در ابتدای دوره به مراتب کم‌تر از دوره‌های بعدی آزمایش می‌باشد. این احتمال وجود دارد که به سبب استفاده درازمدت از مکمل کبالت اثر مثبت روی جمعیت پروتوزوآیی داشته باشد. از طرفی، آزمایش‌های برون‌تنی نشان داد که افزودن کبالت (۰/۱ تا ۱/۰ میکروگرم در میلی‌لیتر) یا ویتامین B_{12} (۰/۱۲ تا ۰/۲٤ میکروگرم در میلی‌لیتر) سبب افزایش جمعیت انتودینیوم شد [۲۲]. اضافه‌کردن مکمل به جیره‌های آزمایشی در سطوح مختلف تأثیر معنی‌داری روی جنس‌های اپی‌دینیوم، دیپلودینیوم، اُفریواسکالکس، خانواده‌های داسی‌تریشیدا و ایزوتریشیدا نداشت. برخلاف نتایج پژوهش حاضر، برخی پژوهش‌گران نشان دادند که اضافه‌کردن کبالت به جیره در سطح دو میلی‌گرم برکیلوگرم ماده خشک سبب افزایش معنی‌دار جمعیت ایزوتریشا و داسی‌تریشا در گوسفند شد [۲۸]. با این وجود، گزارش شده است که مکمل کبالت در سطح ۰/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم سبب افزایش جمعیت کل پروتوزوآ شد ولی در سطح یک میلی‌گرم برکیلوگرم جمعیت به میزان قابل‌توجهی کاهش یافت [۲۱]. هم‌چنین، پژوهش‌گران گزارش کردند که مکمل کبالت اثر مثبتی بر جمعیت ایزوتریشا و داسی‌تریشا در بزغاله‌ها داشت ولی بر جمعیت انتودینیوم اثر منفی مشاهده شد [۱۳]. اطلاعات محدودی در مورد تأثیر کبالت بر پروتوزوآی شکمبه در دسترس می‌باشد.

افزودن مکمل کبالت به جیره تأثیر معنی‌داری بر pH مایع شکمبه نداشت (جدول ۵). روش گرفتن مایع شکمبه از حیوان ممکن است میزان واقعی pH مایع شکمبه را تحت تأثیر قرار دهد.

جدول ٤. اثر سطوح مختلف مکمل کبالت بر جمعیت پروتوزایی شکمبه ($N\times10^5$ درهر میلی‌لیتر)

جنس یا خانواده	تیمار[1] (درصد جایگزینی مکمل کبالت در جیره)					زمان نمونه‌گیری (روز)			SEM	معنی‌داری		
	شاهد	۱	۲	۳	۰	٤٥	۷۰			تیمار	زمان	اثر متقابل
پروتوزوآ کل	۷٦/۰۲۸	۵۲/۲۷۸	۵٤/۹۱۷	٦۲/۱۱۱	٤۳/۵٤۲	٦۱/٦٤٦	۷۸/۸۱۲	۳/٤۳		۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
اِنتودینیوم	۷٤/۲۲۲	۵۰/۱٦۷	۵۳/۰۰۰	٦۰/۱٦۷	٤۲/۱۲۵	۵۹/٤۳۷	۷٦/٦۰٤	۳/۳۹۱		۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
اپی‌دینیوم	۰/۳٦۱	۰/٤٤٤	۰/۳۰٦	۰/٤۷۲	۰/٤۷۹	۰/۲۹۲	۰/٤۱۷	۰/۰۵۷		۰/۷۱۸	۰/۳۹۸	۰/۱۷۸
دیپلودینیوم	۰/۲۷۸	۰/۱٦۷	۰/۲۵۰	۰/۱٦۷	۰/۲۷۱	۰/۱۲۵	۰/۲۵۰	۰/۰۲۹		۰/٤۲۰	۰/۰۹۸	۰/۷۱۵
اُفریواسکالکس	۰/۱۱۱	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۱۰٤	۰/۰۸۳	۰/۰۲۳		۰/۹٦۸	۰/۹۱۹	۰/٦۰۲
ایزوتریشیدا	۰/۸۸۹	۱/۱۳۹	۱/۰۲۸	۱/۰۸۳	۰/۳۹٦[b]	۱/٤۷۹[a]	۱/۲۲۹[a]	۰/۱۰۱		۰/۷۵۱	۰/۰۰۱	۰/۱۳۱
داسی تریشیدا	۰/۱٦۷	۰/۲۷۸	۰/۲۵۰	۰/۱۳۹	۰/۱۸۷	۰/۲۰۸	۰/۲۲۹	۰/۰۲۹		۰/۳۰٦	۰/۸۵۰	۰/٦۱۷

۱. جیره پایه (شاهد؛ حاوی ۰/۰۸۳ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک)، جیره پایه + ۰/۲ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک، جیره پایه +۰/٤ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک و جیره پایه + ۰/٦ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک.

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

وقتی‌که از راه دهان و لوله مری مایع شکمبه گرفته می‌شود این امکان وجود دارد که مایع شکمبه با بزاق دهان مخلوط و بر میزان pH تأثیر گذاشته و آن را تغییر دهد. هرچند در این آزمایش دقت لازم برای جلوگیری از این آلودگی به بزاق به‌عمل آمد. ازآنجایی‌که شرایط برای همه بره‌ها یکسان بود، عدم تفاوت بین گروه‌های آزمایشی احتمالاً ناشی از این آلودگی نیست و می‌توان نتیجه گرفت که مکمل کبالت تأثیری بر این فراسنجه در کل دوره پرورش نداشته است. تخمیر مواد در محیط شکمبه و تولید اسیدهای چرب فرّار می‌تواند روی pH شکمبه تأثیر داشته باشد و معمولاً پس از مصرف خوراک، میزان آن کاهش می‌یابد؛ نوع جیره مصرفی در سرعت کاهش مؤثرمؤثر است. ازآنجایی‌که جیره پایه در این آزمایش برای گروه‌های آزمایشی یکسان بود، عدم تفاوت در pH مایع شکمبه نشان‌دهنده آن است که حضور مکمل کبالت تأثیری بر شرایط اسیدی محیط شکمبه نداشته است. افزودن مکمل کبالت به جیره در سطوح ۰/۲ و ۰/٤ میلی‌گرم در کیلوگرم سبب افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی شد (P<۰/۰۵)، هرچند تغییر معنی‌داری در سطح ۰/٦ در مقایسه با گروه شاهد مشاهده نشد. افزایش در غلظت نیتروژن آمونیاکی به سبب افزودن کبالت معدنی در این سطوح ممکن است نشان‌دهنده افزایش جمعیت باکتری‌های تولیدکننده بیش از حد آمونیاک در شکمبه باشد.

زمانی که پروتئین قابل‌تجزیه در شکمبه بیش از نیاز میکروبی شکمبه باشد، غلظت آمونیاک در شکمبه افزایش می‌یابد و کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی به تکثیر میکروبی شکمبه و افزایش تبدیل نیتروژن به پروتئین میکروبی نسبت داده می‌شود. هرچند حداقل نیاز میکروبی در این آزمایش توسط جیره‌ها تأمین شده است و به‌نظر نمی‌رسد که در هیچ‌کدام از گروه‌های آزمایشی محدودیتی از لحاظ این فراسنجه برای رشد میکروبی وجود داشته باشد. افزودن مکمل کبالت به جیره سبب کاهش غلظت اسیدهای چرب فرّار شکمبه نسبت به گروه شاهد شد (جدول ۵)، هرچند این تغییر بیش‌تر تحت تأثیر اثر متقابل تیمار و زمان بود (P<۰/۰۵).

به‌طوری‌که تفاوت بین تیمارهای آزمایشی می‌تواند ناشی از تفاوت در اندازه گیری‌ها در زمان‌های مختلف آزمایشی باشد. گزارش شده است که بین گوساله‌های دریافت‌کننده مکمل کبالت و گروه شاهد تفاوت معنی‌داری در غلظت کل اسیدهای چرب فرّار مشاهده نشد، هرچند در گروه‌هایی که مکمل دریافت کردند غلظت پروپیونات بیش‌تر و استات و بوتیرات کم‌تر بود [۲۵]. پژوهش‌گران دیگری گزارش کردند که تفاوتی بین بره‌های دریافت‌کننده کبالت (جیره پایه محتوی ۰/۰۵۵ میلی‌گرم کبالت به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک خوراک و مکمل محتوی یک میلی‌گرم کبالت به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک خوراک) و گروه شاهد از لحاظ غلظت کل اسیدهای چرب فرّار شکمبه نبود [۱].

غلظت‌های عناصر معدنی آهن، روی و مس پلاسما (جدول ٦) تحت تأثیر افزودن مکمل کبالت به جیره قرار نگرفتند. اثر متقابل بین تیمار و زمان اندازه‌گیری در مورد کبالت معنی‌دار بود (P<۰/۰۵).

برخی پژوهش‌گران گزارش کردند که مکمل‌کردن جیره با کبالت تأثیری بر غلظت سرمی عنصرهای کبالت، مس و روی در گاوهای شیری نداشت [۱۹]. هم‌چنین، افزایش سطح کبالت جیره هیچ تأثیری بر میزان آهن پلاسما در بزغاله‌ها نداشته است [۱۳]. اثرات متقابل بین عناصر معدنی بسیار پیچیده است و گزارش‌های اندکی هم در مورد کبالت وجود دارد.

میزان کبالت توصیه‌شده برای بره‌ها حدود ۰/۲۲ میلی‌گرم در روز [۲۲] است و این در حالی است که جیره پایه دریافتی توسط بره‌های سنجابی در این آزمایش ۰/۰۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره بود.

جدول ۵. اثر سطوح مختلف مکمل کبالت بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه

فراسنجه	تیمار[1] (درصد جایگزینی مکمل کبالت در جیره)					زمان نمونه‌گیری (روز)			SEM	معنی‌داری		
	شاهد	۱	۲	۳	۰	٤٥	۷۰		تیمار	زمان	اثر متقابل
pH	٦/٤٤	٦/٥١	٦/٦٠	٦/٧٠	٦/٧٦	٦/٣٩	٦/٥٤	۰/۰٤۲	۲/۱٥٥	۸/۳۹۸	۰/۹٦۰
نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم بر لیتر)	٦٦/۰٤[b]	۸۱/٦۰[a]	۷۱/٤۱[a]	٦۸/۰۱[b]	٦۸/۰۱	۷٥/۷۳	۷۱/٥٦	۰/۰۳۱	۰/۰۰٦	۰/۱٥٦	۰/۰٦۳
اسیدهای چرب فرّار (میلی‌مول بر لیتر)	۹۹/۳۳	۸۸/۰۰	۸٦/٦۷	۹۲/٦۷	۸۹/۰۰	۹٤/۰۰	۹۲/۰۰	۱/۹۳٦	۰/۰۲۹	۰/٤۱٤	۰/۰۱٤

۱. جیره پایه (شاهد؛ حاوی ۰/۰۸۳ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک)، جیره پایه + ۰/۲ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک، جیره پایه + ۰/٤ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک و جیره پایه + ۰/٦ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک.

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

جدول ٦. اثر سطوح مختلف مکمل کبالت بر غلظت برخی مواد معدنی پلاسما در بره‌های نر سنجابی

فراسنجه	تیمار[1] (درصد جایگزینی مکمل کبالت در جیره)					زمان نمونه‌گیری (روز)			SEM	معنی‌داری		
(میلی‌گرم/ لیتر)	شاهد	۱	۲	۳	۰	٤٥	۷۰		تیمار	زمان	اثر متقابل
آهن	۱/٥۹	۱/٦۰	۱/٦٤	۱/٤۱	۱/٦٤	۱/٥۳	۱/٥۳	۰/۰۳	۰/۱۳۲	۰/۳۳۷	۰/٥۳۱
روی	۰/۸٦	۰/۸۷	۰/۸۹	۰/۸۷	۰/۸٥	۰/۸٦	۰/۹۱	۰/۰۱	۰/۷۷٥	۰/۱۲۰	۰/۹٥۲
مس	۰/٤٥	۰/٤٥	۰/٤٤	۰/٤٦	۰/٤٤	۰/٤٤	۰/٤٦	۰/۰٥	۰/۸۸۳	۰/٤۷۲	۰/۹۹۱
کبالت	۰/۱٤۳	۰/۱٤۳	۰/۱٤٤	۰/۱٤۲	۰/۱٤۳	۰/۱٤٤	۰/۱٤۲	۰/۰۰٤	۰/۳۸۲	۰/۰۸۷	۰/۰۱۸

۱. جیره پایه (شاهد؛ حاوی ۰/۰۸۳ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک)، جیره پایه + ۰/۲ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک، جیره پایه +۰/٤ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک و جیره پایه + ۰/٦ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک.

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

به‌عبارتی، با متوسط مصرف ۱/٦۹۰ کیلوگرم خوراک در روز تنها حدود ۰/۱٤۰ میلی‌گرم کبالت هر بره در روز دریافت کرده است.

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد افزودن مکمل کبالت (سولفات کبالت) به جیره در سطوح مختلف ۰/۲، ۰/٤ و ۰/٦ علی‌رغم ایجاد تغییرات محدود در برخی فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای تأثیری بر عملکرد بره‌های پرواری سنجابی ندارد. به‌نظر می‌رسد که جیره پایه محتوی ۰/۰۸۳ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک برای تأمین نیاز بره‌های در حال رشد به این عنصر کافی باشد.

تشکر و قدردانی

از جناب دکتر حسن علی‌عربی در تأمین کبالت موردنیاز در این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع مورد استفاده

1. Abou-Zeina AA, Zaghawa AA, Nasr M and Keshta HE (2008) Effects of dietary cobalt deficiency on performance, blood and metabolizes and liver pathology in sheep. Journal of Global Veterinaria 2(4): 182-191.
2. Al-Habsi K. Johnson EH, Kadim IT, Srikandakumar A, Annamalai K, Al-Busaidy R and Mahgoub O (2007) Effects of low concentrations of dietary cobalt on liveweight gains, haematology, serum vitamin B_{12} and biochemistry of Omani goats. The Veterinary Journal 173: 131-137.
3. Aliarabi A, Bayervand M, Bahari A, Zamani1 P, Fadayifar A and 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. (in Persian)

4. Aliarabi H and Fadayifar A (2015) Effect of slow-release bolus on some blood metabolites and lambing performance of ewes. Iranian Journal of Animal Science Research 7 (1): 23-33. (in Persian)
5. AOAC (1990) Official Methods for Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, pp. 69-90.
6. Babaie M, Chashnidel Y and Dirandeh A (2016) Effect of cobalt and barley grain processing on performance, digestibility of nutrients and rumen and blood parameters in fattening lambs. Animal Production Research 5(1): 1-13. (in Persian)
7. Barnett AG and Reide RL (1957) Studies on the production of volatile fatty acid production from fresh grass. The Journal of Agricultural Science (Camb) 48: 315-321.
8. Bishesari Sh, Aliarabi H and Tabatabaye SMM (2012) Effects of different levels of dietary cobalt on performance, plasma vitamin B_{12} concentration and microbial protein synthesis in Mehraban male lambs. Iranian Journal of Animal Science 43 (1): 23-31. (in Persian)
9. Bishehsari S, Tabatabaei MM, Aliarabi H, Alipour D, Zamani P and Ahmadi A (2010) Effect of dietary cobalt supplementation on plasma and rumen metabolites in Mehraban lambs. Small Ruminant Research 90(1):170-173.
10. Broderick GA and Kang J (1980) Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminanl fluid and in vitro media. Journal of Diary Science 63: 64-75.
11. Dehority BA (1993) Laboratory manual for classification and morphology of rumen ciliate protozoa. CRC Press, pp. 120.
12. Dezfoulian AH and Aliarabi H (2017) A comparison between different concentrations and sources of cobalt in goat kid nutrition. Animal 11(4): 600-6007.
13. Dezfoulian SAH, Aliarabi H and Bahari A (2017) The effect of cobalt source and level on serum vitamin B_{12}, performance and feed digestibility of male goat kids. Journal of Animal Science Researches 27(1): 173-187. (in Persian)
14. Johnson EH, Al-Habsi K, Kaplan E, Srikandakumar A, Kadim IT, Annamalai K, AL-Busaidy R, Mahgoub O (2004) Caprine hepatic lipidosis induced through the intake of low levels of dietary cobalt. The Veterinary Journal 168(2): 174-179.
15. Kadim IT, Johnson EH, Mahgoub O, Srikandakumar A Al-Ajmi DS, Ritchie A, Annamalai K and Al-Halhali AS (2003) Effect of low levels of dietary cobalt on apparent nutrient digestibility in Omani goats. Animal Feed Science and Technology 109: 209-216.
16. Kaneko JJ, Harvay JW and Bruss ML (2008) Clinical biochemistry of domestic animals. Academic Press.
17. Kennedy DG, Blanchflower WJ, Scott JM, Weir DG, Molloy AM, Kennedy S and Young PB (1992) Cobalt-vitamin B_{12} deficiency decreases methionine synthase activity and phospholipid methylation in sheep. Journal of Nutrition 122: 1384-1390.
18. Kennedy DG, Harte FPMO, Blanchflower WJ and Rice DA (1991) Sequential changes in propionate metabolism during the development of cobalt/vitamin B_{12} deficiency in sheep. Biological Trace Element Research 28: 233-241.
19. Kincaid R, Lefebvre L, Cronrath J, Socha M and Johnon A (2003) Effect of dietary cobalt supplementation on cobalt metabolism and performance of dairy cattle. Journal of Dairy Science 86: 1405-1414.
20. McDowell LR (2000) Vitamins in Animal and Human Nutrition. 2nd Ed. Iowa State University Press, USA.
21. Nasser MEA (2010). Influence of dietary cobalt on performance, nutrient digestibility and rumen activity in lambs. Lucrări Ştiinţifice 53: 313-318.
22. NRC (2007) National Research Council (Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academy Press, Washington, DC.USA.
23. Rimbach G, Walter A, Most E and Pallauf J (998) Effect of microbial phytase on zinc bioavailability and cadmium and lead accumulation in growing rats. Food and Chemical Toxicology 36(1): 7-12.
24. Suttle NF (2010) The mineral nutrition of livestock. 4thEd. CABI Publishing Co., New York.
25. Tiffany ME, Spears JW and Horton J (2003) Influence of supplemental cobalt source and concentration on performance, vitamin B_{12} status, and ruminal and plasma metabolites in growing and finishing steers. Journal of Animal Science 81: 3151-3159.
26. Vansoest PJ, Robertson JB and Lewis BA (1991) Method for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583-3597.
27. Wang RL, Kong XH, Zhang YZ, Zhu XP and Jia ZH (2007) Influence of dietary cobalt on

performance, nutrient digestibility and plasma metabolites in lambs. Animal Feed Science and Technology 135(3): 346-352.

28. Zelenak I, Jalc D, Placha I, Svlatko P, Vendrak T, Siroka P and Gyulai F (1992) The effect of copper and cobalt supplementation on the digestibility of fibrous feed in sheep. Veterinarni Medicina 37(4): 221-229.
29. Zhang W, Wang R, Kleemann DO, Lu D, Zhu X, Zhang C and Jia Z (2008) Effects of dietary copper on nutrient digestibility, growth performance and plasma copper status in cashmere goats. Small Ruminant Research 74: 188-193.