

بررسی اثر دو نوع مکمل کبالت در سطوح مختلف بر ویتامین B_{۱۲} سرم، عملکرد و قابلیت هضم خوراک در بزغاله نر

سیدامیرحسین دزفولیان^۱، حسن علی‌عربی^{۲*} و علی‌اصغر بهاری^۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۳۰

^۱ دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا، همدان

^۲ دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا، همدان

^۳ استادیار، دانشکده پیرادامپزشکی دانشگاه بوعلی سینا، همدان

* مسئول مکاتبه: Email: h_aliarabi@yahoo.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: افزودن کبالت در سطوح بالاتر می‌تواند عملکرد حیوان را بهبود ببخشد. هدف: بررسی اثر دو نوع مکمل کبالت در سطوح مختلف بر ویتامین B_{۱۲} سرم، عملکرد و قابلیت هضم خوراک در بزغاله نر. روش کار: تعداد ۳۰ رأس بزغاله نر، با میانگین وزنی ۱۷/۸ کیلوگرم به صورت تصادفی به پنج تیمار شامل: (۱) جیره پایه حاوی ۰/۰۷۶ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک (شاهد)؛ ۲ و ۳) جیره پایه + ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک به شکل سولفات کبالت (سولفات ۰/۲۵ و سولفات ۰/۵)؛ ۴ و ۵) جیره پایه + ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک به شکل کبالت گلوکوهیپتونات (گلوکوهیپتونات ۰/۲۵ و گلوکوهیپتونات ۰/۵) تقسیم شدند. این طرح در دو مرحله انجام شد. مرحله اول به مدت ۷۵ روز و مرحله دوم ۱۴ روز به صورت آزمون فاکتوریل ۲×۲+۱ در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. در روزهای صفر، ۳۵ و ۷۵ مرحله اول از بزغاله‌ها خونگیری شد. در مرحله دوم نیز از بزغاله‌ها نمونه مدفوع، ادرار و پسماند خوراک جمع‌آوری گردید. **نتایج:** تیمار گلوکوهیپتونات ۰/۵ بهترین عملکرد را از نظر سطح ویتامین B_{۱۲} داشت. تمامی تیمارهای دریافت کننده کبالت میزان ماده خشک مصرفی بالاتری نسبت به تیمار شاهد داشتند. تیمارهای دریافت کننده مکمل کبالت به غیر از تیمار سولفات ۰/۲۵ همگی افزایش وزن بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشتند. سطح بالاتر کبالت سبب افزایش گوارش‌پذیری ماده خشک و NDF در بزغاله‌ها شد. اثر سطح مکمل همچنین در مورد گوارش‌پذیری ماده آلی نیز تأثیرگذار بود. نتیجه گیری کلی: نتایج تحقیق حاضر نشان داد که سطح نیاز ۰/۰۷ میلی‌گرم کبالت بر کیلوگرم ماده خشک که توسط مؤسسه NRC (۲۰۰۷) برای بزها تعیین گردیده در محدوده مرزی نیاز قرار دارد و افزودن کبالت بالاتر از این میزان می‌تواند عملکرد حیوان را بهبود بخشد.

واژگان کلیدی: بز، کبالت، گلوکوهیپتونات، گوارش‌پذیری، ویتامین B_{۱۲}

مقدمه

ویتامین B_{۱۲} می‌باشد. جیره‌های نشخوارکنندگانی که دچار کمبود کبالت با شد سبب کاهش بیو سنتز ویتامین B_{۱۲} در شکمبه می‌گردد که این امر منجر به محدود

میکروارگانسیم‌های شکمبه برای سنتز ویتامین B_{۱۲} نیازمند کبالت هستند زیرا کبالت بخشی از ساختار

در ساختار و سنتز ویتامین B_{۱۲}، تأثیر آن بر قابلیت هضم ذرات خوراک است. کبالت همانند کاتیون‌های دوظرفیتی دیگر مثل Cu^{2+} ، Ca^{2+} و Mg^{2+} سبب ایجاد پلهای عرضی بین باکتری‌ها و ذرات خوراک، که هر دو دارای بار منفی هستند، می‌شود و در نتیجه راندمان هضم فیبر را توسط باکتری‌ها افزایش می‌دهد (لوپز-گویسا و ساتر ۱۹۹۲). همچنین گزارش شده است که افزودن کبالت سبب افزایش جمعیت باکتری‌های بیهوازی و اسید لاکتیک شکمبه می‌گردد (یانگ ۱۹۷۹).

تحقیقات متعددی بر گوسفند و گاو در زمینه کبالت و تأثیرات آن در بدن نشخوارکنندگان انجام پذیرفته است (کینکید و همکاران ۲۰۰۳، تیفانی و همکاران ۲۰۰۳، بیشه‌سری و همکاران ۲۰۱۰، آکینز و همکاران ۲۰۱۳). اگرچه در مورد بز تحقیقات محدود است. علاوه بر این، مقایسه‌هایی بین منابع مختلف کبالت در گوسفند (هنری و همکاران ۱۹۹۷، کاواشیما و همکاران ۱۹۹۷a و b) و در گاو (آکینز و همکاران ۲۰۱۳) انجام پذیرفته، اما تا آنجا که بررسی‌های ما مشخص ساخته نتایج قطعی در مورد مقایسه منابع کبالت و تأثیر آنها در بز موجود نیست. بنابراین تحقیق حاضر با این هدف طراحی شد که اثر دو نوع مکمل کبالت (معدنی در برابر آلی) را در دو سطح (۰/۲۵ و ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) بر ویتامین B_{۱۲} سرم، عملکرد و قابلیت هضم خوراک در بزغاله‌های نر بررسی کند.

مواد و روش‌ها

تعداد ۳۰ رأس بزغاله نر، با میانگین وزنی ۱۷/۸ کیلوگرم پس از گذراندن دوره عادت‌پذیری به مدت دو هفته و دریافت داروهای ضد انگل و واکسیناسیون، به صورت تصادفی به پنج تیمار شامل: (۱) جیره پایه حاوی ۰/۰۷۶ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک (شاهد؛ ۲) جیره پایه + ۰/۲۵ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک به شکل سولفات کبالت (سولفات ۰/۲۵؛ ۳) جیره پایه + ۰/۵ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک به

شدن مقدار ویتامین در دسترس میکروارگانیزم‌های شکمبه و حیوان میزبان می‌گردد (تیفانی و همکاران ۲۰۰۳). در نشخوارکنندگان، کمبود ویتامین B_{۱۲} حاصل از کمبود کبالت سبب افت مصرف خوراک و افزایش وزن روزانه، کاهش ویتامین B_{۱۲} پلاسما و کبد، افزایش متیل مالونیک اسید (MMA) و هموسیستئین پلاسما (استانگل و همکاران ۱۹۹۹، ۲۰۰۰)، و کاهش فعالیت متیونین سنتاز و متیل مالونیل کوآنزیم آ موتاز در بافت‌ها می‌گردد (کندی و همکاران ۱۹۹۰). زیرا در حیوانات عالی، ویتامین B_{۱۲} کوفاکتور دو آنزیم متیل مالونیل کوآنزیم آ موتاز و متیونین سنتاز می‌باشد (تیفانی و همکاران ۲۰۰۳). براساس برآورد NRC (۲۰۰۷)، احتیاجات جیره‌های بزغاله‌های نر با وزن ۲۰ کیلوگرم در حدود ۰/۰۷ میلی‌گرم کبالت در روز است. این درحالی است که در گوسفند (بیشه‌سری و همکاران ۲۰۱۰، وانگ و همکاران ۲۰۰۷) و گاو (تیفانی و همکاران ۲۰۰۳) گزارشاتی مبنی بر ناکافی بودن توصیه‌های NRC وجود دارد. در بز تحقیقات در این زمینه بسیار محدود است. جادسون و همکاران (۲۰۰۴) و الحبسی و همکاران (۲۰۰۷) بیان کرده‌اند که این ادعا که بزها نسبت به کمبود کبالت کمتر از گوسفند حساس هستند صحیح نبوده و حداقل این مورد را در بزهای عمانی نشان داده‌اند که سطوح پایین کبالت در جیره بز می‌تواند منجر به اختلال لیپیدوز کبدی گردد.

در تحقیقی بر روی بز نشان داده شد که سطوح پایین کبالت جیره سبب افت قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در مقایسه با بزهایی شد که ویتامین B_{۱۲} دریافت می‌کردند (کدیم و همکاران ۲۰۰۳). طبق نظر این محققین این امر احتمالاً چند دلیل دارد، از جمله کاهش میکروارگانیزم‌های شکمبه، کاهش جذب روده‌ای مواد مغذی، و سنتز ناکافی آنزیم‌های متیل مالونیل کوآنزیم آ موتاز و متیونین سنتاز وابسته به ویتامین B_{۱۲} که دو آنزیم ضروری برای متابولیسم پروتئین و انرژی می‌باشند. یکی دیگر از نقش‌های کبالت به غیر از شرکت

شدند. جیره پایه بر اساس نیاز بزغاله های نر با میانگین وزنی ۱۷ کیلوگرم مطابق پیشنهاد NRC (۲۰۰۷) طوری تنظیم شد که کلیه احتیاجات غذایی این حیوانات را تأمین نماید. درصد اجزای جیره و ترکیب شیمیایی خوراک های مورد استفاده در آن در جدول ۱ ارائه شده است.

شکل سولفات کبالت (سولفات ۰/۵؛ ۴) جیره پایه + ۰/۲۵ میلی گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک به شکل کبالت گلوکوهیتونات (گلوکوهیتونات ۰/۲۵؛ ۵) جیره پایه + ۰/۵ میلی گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک به شکل کبالت گلوکوهیتونات (گلوکوهیتونات ۰/۵) تقسیم

جدول ۱- اجزاء و ترکیب شیمیایی مواد خوراکی و جیره پایه در آزمایش درون تنی

Table 1- Ingredients and nutrient composition of basal diet

مواد مغذی Nutrients	Alfalfa Hay	Barley Grain	Soybean Meal	جیره پایه Basal Diet
	61%	30%	9%	
ماده خشک (درصد) Dry Matter (%)	92.5	93	93.5	92.74
ماده آلی (درصد ماده خشک) Organic Matter (%DM)	90.87	95.2	92.63	92.33
پروتئین خام (درصد ماده خشک) Crude Protein (%DM)	14.5	12.5	44.9	16.64
عصاره اتری (درصد ماده خشک) Ether Extract (%DM)	1.6	1.65	2.1	1.66
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک) NDF (%DM)	54.35	20.05	27.73	41.66
کربوهیدرات غیر فیبری (درصد ماده خشک) NFC (%DM)	20.42	61	17.9	32.37
خاکستر خام (درصد ماده خشک) Ash (%DM)	9.13	4.8	7.37	7.67
انرژی قابل متابولیسم ^۱ (مگا کالری بر کیلوگرم ماده خشک) Metabolizable Energy (Mcal/Kg DM)	2.17	3.04	3.18	2.52
روی (میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک) Zinc (mg/kg DM)	25.2	19.8	53	26.08
مس (میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک) Copper (mg/kg DM)	10.5	9.3	21	11.08
آهن (میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک) Iron (mg/kg DM)	145	95.5	185	133.75
کبالت (میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک) Cobalt (mg/kg DM)	0.09	0.04	0.1	0.076

تمامی مواد مغذی در آزمایشگاه اندازه گیری شدند و مقدار انرژی قابل متابولیسم بر اساس جداول NRC (۲۰۰۷) محاسبه شده است.

All nutrients were analyzed in the lab except ME which was estimated according to NRC (2007) tables

و ضریب تبدیل غذایی و همچنین فراسنجه های خونی شامل ویتامین B_{۱۲} و گلوکز سرمی در آن مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله دوم، اثر تیمارها بر گوارش پذیری مواد مغذی و ابقای عناصر کبالت، مس، روی، آهن و ازت تعیین گردید.

مرحله اول آزمایش از شروع تیماردهی ۷۵ روز به طول انجامید. بزغاله ها در پن های انفرادی قرار داده شدند و

جهت تعیین ترکیب شیمیایی (ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر، چربی خام، ان-اف-سی و ماده آلی) نمونه های خوراک از روش های AOAC (۱۹۹۰) استفاده شد. ای-دی-اف و ان-دی-اف نیز به روش ونسوست و همکاران (۱۹۹۱) تعیین شد. این آزمایش در دو مرحله انجام پذیرفت. در مرحله اول، تأثیر تیمارها بر فراسنجه های عملکردی بزها شامل افزایش وزن، مصرف خوراک

آزمایشگاه تشخیص پزشکی ارسال و با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر (مدل Hitachi 912 ساخت کشور ژاپن) آنالیز گردیدند. اندازه‌گیری ویتامین B_{۱۲} سرم با استفاده از کیت الایزای ویتامین B_{۱۲} (شرکت Monobind ساخت کشور آمریکا) انجام پذیرفت. برای این منظور از دستورالعمل کیت آزمایشی و دستگاه microplate reader (مدل Rayto RT-2100C ساخت چین) استفاده گردید. اساس این آنالیز برپایه آنالیز آنزیمی رقابتی تأخیری است.

در پایان آزمایش اول (روز ۷۵)، تعداد ۴ رأس بزغاله از هر تیمار انتخاب و قبل از وعده غذایی صبح با ۱۶ ساعت گرسنگی قبلی مجدداً توزین شدند و سپس به داخل قفس‌های متابولیکی منتقل گردیدند. این مرحله شامل ۱۴ روز بود، ۷ روز اول دوره سازگاری و ۷ روز دوم دوره نمونه‌برداری (کیتسا و همکاران، ۱۹۹۹). در طول این مرحله بزغاله‌ها روزانه در دو نوبت در ساعات ۸ صبح و ۱۶ عصر مشابه آزمایش قبل تغذیه شدند و مقدار خوراک و آب مصرفی، باقی‌مانده احتمالی خوراک و آب، مدفوع و ادرار تولید شده طی ۲۴ ساعت به طور روزانه ثبت و از آنها نمونه‌برداری صورت گرفت. پس از تعیین ماده خشک و ترکیب شیمیایی (پروتئین خام، خاکستر خام، چربی خام، کربوهیدرات غیر فیبری و ماده آلی و لیاف نا محلول در شوینده خنثی) در نمونه‌های خوراک و مدفوع، قابلیت هضم ماده خشک و هر یک از مواد مغذی محاسبه گردید. جهت تعیین ترکیب شیمیایی (ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر، چربی خام، ان-اف-سی و ماده آلی) نمونه‌های خوراک و مدفوع از روش‌های AOAC (۱۹۹۰) استفاده شد. ای-دی-اف و ان-دی-اف نیز به روش ون‌سوست و همکاران (۱۹۹۱) تعیین شد. همچنین جهت اندازه‌گیری کبالت، مس، روی و آهن در نمونه‌های خوراک و مدفوع از روش هضم خشک (ژانگ و همکاران ۲۰۰۸) استفاده شد و نمونه‌های ادرار نیز مطابق روش وسترما (۱۹۸۲) آماده شدند. میزان عناصر کبالت، مس،

در دو نوبت صبح و بعدازظهر تغذیه شدند و آب به طور دائم در اختیارشان بود. بزغاله‌ها در ابتدای دوره آزمایشی (روز صفر) و پس از آن در فواصل دوهفته‌ای، قبل از نوبت خوراکدهی صبح و پس از ۱۶ ساعت گرسنگی و تشنگی وزن‌کشی شدند. مقدار خوراک مصرفی و باقیمانده خوراک روزانه توزین و ثبت می‌شد. مقدار خوراک روزانه با توجه به پسماند روز قبل طوری تنظیم می‌شد که ۱۰-۵ درصد باقیمانده داشته باشد. مکمل سولفات کبالت (محصول شرکت مرک آلمان) به شکل CoSO₄.7H₂O بود و کبالت گلوکوهپتونات (ZinPro آمریکا با نام تجاری COPRO) از شرکت یسنامهر (تهران، ایران) تهیه گردید. برای خوراندن مکمل‌های مورد نظر و به دلیل اینکه مکمل آلی کبالت به صورت ۱۰۰٪ در آب محلول نبود، ابتدا دو مخلوط همگن با غلظت مشخص از کبالت با کنجاله سویای آسیاب شده تهیه گردید. یک مخلوط حاوی سولفات کبالت و مخلوط دیگر حاوی کبالت گلوکوهپتونات. سپس با توجه به میزان خوراک مصرفی روزانه هر بز مقدار معینی از مخلوط مکمل+کنسانتره برداشته می‌شد که معادل با غلظت‌های ۰/۲۵ و ۰/۵ قسمت در میلیون مورد نظر بود. در هر نوبت خوراکدهی صبح مخلوط مکمل+کنسانتره به همراه بخش کنسانتره خوراک در اختیار بزها قرار می‌گرفت و از مصرف کامل آن اطمینان حاصل می‌گردید.

خون‌گیری از طریق سیاهرگ و داج در روزهای صفر، ۳۵ و ۷۵ آزمایش و قبل از خوراک دهی صبح انجام شد. جهت جلوگیری از تابش نور به نمونه‌ها و از بین رفتن ویتامین B_{۱۲} لوله‌های آزمایش توسط فویل آلومینیومی پوشیده شدند. جهت جداسازی سرم، نمونه‌های خون به مدت ۲۰ دقیقه در ۳۰۰۰ rpm و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند و مقادیر مشخص از سرم توسط سمپلر به داخل میکروتیوب‌های ۲ میلی لیتری ریخته شد و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیز نگهداری شدند. برای اندازه‌گیری غلظت گلوکز، در سرم خون، نمونه‌های مربوط به روزهای صفر، ۳۵ و ۷۵ به

تصحیح شده براساس حداقل مربعات استفاده شد. تجزیه آماری داده‌ها با کمک نرم‌افزار SAS ویرایش ۹/۲ (SAS) (۲۰۰۴) انجام شد.

نتایج و بحث

در جدول ۲ نتایج آنالیز آماری ویتامین B_{۱۲} و گلوکز سرم نشان داده شده است. اثر زمان در مقایسه آماری ویتامین B_{۱۲} معنی‌دار شد از این رو نتایج به صورت روزهای جداگانه و میانگین کل دوره ارائه شده است. در روز ۳۵، هرچند میانگین تیمارهای سطح ۰/۵ از سطح ۰/۲۵ و منبع آلی از منبع معدنی از نظر عددی بالاتر بود، اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای دریافت کننده کبالت با تیمار شاهد مشاهده نشد ($P > 0/05$). در روز ۷۵ اثر سطح و نوع مکمل کبالت هر دو معنی‌دار شد ($P < 0/05$) و این تفاوت برای منبع کبالت برجسته تر بود. در مجموع تیمار گلوکوهیتونات ۰/۵ بهترین عملکرد را از نظر سطح ویتامین B_{۱۲} داشت. در مقایسه میانگین کل دوره نیز همین روند کلی مشاهده شد بطوری که سطح ۰/۵ نسبت به سطح ۰/۲۵ و مکمل آلی نسبت به مکمل معدنی سطح ویتامین B_{۱۲} بالاتری را نشان دادند.

کاوآشیمیا و همکاران (۱۹۹۷a) نشان دادند که افزایش مقدار مکمل کبالت در جیره سبب افزایش ویتامین B_{۱۲} سرم و کبد می‌گردد. در تحقیق پیشه سری و همکاران (۲۰۱۰)، سطح ۰/۵ میلی‌گرم کبالت به طور معنی‌داری از سطح ۰/۲۵ و شاهد ویتامین B_{۱۲} بالاتری در بره‌های درحال رشد داشت اما تفاوت آن با سطح ۱ میلی‌گرم معنی‌دار نبود. تیفانی و همکاران (۲۰۰۳) با مقایسه دو نوع مکمل کبالت (آلی و معدنی) گزارش نمودند که افزایش سطح مکمل کبالت در جیره گاوهای اخته سبب افزایش غلظت ویتامین B_{۱۲} در پلاسما می‌گردد اما نوع مکمل تأثیری در میزان سنتز ویتامین B_{۱۲} ندارد. اما در تحقیق حاضر سنتز ویتامین B_{۱۲} در تیمارهای گلوکوهیتونات بیشتر از تیمارهای سولفات بود که بیانگر این است که مکمل آلی یا همان گلوکوهیتونات

روی و آهن در نمونه‌های هضم شده توسط دستگاه جذب اتمی (spectraAA220Varian) تعیین شد. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل ۲×۲+۱ در چارچوب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. برای صفاتی مثل وزن بدن، خوراک مصرفی و ضریب تبدیل غذایی از مدل آماری زیر استفاده شد:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \beta(x_{ijk} - \bar{x} \dots) + e_{ijk}$$

که در آن X_{ij} مقدار هر مشاهده؛ μ ، میانگین کل متغیر مورد بررسی؛ A_i ، اثر سطح کبالت؛ B_j ، اثر نوع کبالت؛ AB_{ij} ، اثر متقابل سطح و نوع؛ β ، ضریب تابعیت صفت مورد بررسی از وزن اولیه؛ x_{ijk} ، وزن اولیه مربوط به تکرار K ام از سطح i ام و نوع j ام مکمل کبالت؛ e_{ijk} ، میانگین کل وزن‌های اولیه و e_{ijk} ، اثر خطای آزمایش بود. برای گوارش‌پذیری مواد خوراکی از مدل آماری زیر استفاده شد:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk}$$

که در آن Y_{ijk} مقدار هر مشاهده؛ μ ، میانگین کل متغیر مورد بررسی؛ A_i ، اثر سطح کبالت؛ B_j ، اثر نوع کبالت؛ AB_{ij} ، اثر متقابل سطح و نوع و e_{ijk} ، اثر خطای آزمایش بود.

تجزیه واریانس فراسنجه‌های خونی به صورت اندازه‌های تکرار شده انجام شد. مدل آماری این طرح به صورت زیر بود:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + T_1 + AT_{1i} + BT_{1j} + ABT_{1ij} + E_a + E_b$$

که در آن Y_{ijkl} مقدار هر مشاهده؛ μ ، میانگین کل متغیر مورد بررسی؛ A_i ، اثر سطح کبالت؛ B_j ، اثر نوع کبالت؛ AB_{ij} ، اثر متقابل سطح و نوع؛ T_1 ، اثر زمان؛ AT_{1i} ، برهم‌کنش سطح کبالت و زمان؛ BT_{1j} ، برهم‌کنش نوع کبالت و زمان؛ ABT_{1ij} ، برهم‌کنش نوع و سطح کبالت و زمان؛ E_a ، اثر خطای اصلی و E_b ، اثر خطای فرعی بود.

مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون چند دامنه دانکن و فرض خطای ۰/۰۵ انجام گردید و $P < 0/05$ معنی‌دار در نظر گرفته شد. در مقایسه میانگین صفاتی که در آنها مشاهده از دست رفته وجود داشت از میانگین‌های

کبالت می‌تواند برای میکروارگانیزم‌های شکمبه از قابلیت دسترسی بیشتری برخوردار باشد.

جدول ۲- اثر سطح و نوع مکمل کبالت بر ویتامین B₁₂ و گلوکز سرم در بزغاله‌های نر

Table 2- Effects of dietary Co source and level on serum vitamin B₁₂ and Glucose in male goat kids

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments ¹	گلوکز Glucose (mg/dl)	ویتامین B ₁₂ Vitamin B ₁₂ (pg/ml)			
		Day 0	Day 35	Day 75	Total ³
Control	56.11 ^b	246.5	512.5	376.5 ^b	316.5 ^c
Sulphate 0.25	59.20 ^{ab}	248.2	500.9	415.1 ^b	350.0 ^c
Sulphate 0.5	58.26 ^{ab}	247.5	650.7	482.9 ^b	395.4 ^{bc}
Glucosheptonate 0.25	60.64 ^{ab}	240.6	504.3	889.7 ^a	504.8 ^{ab}
Glucosheptonate 0.5	62.00 ^a	243.9	662.5	955.1 ^a	603.3 ^a
SEM ²	1.45	24.9	99.2	65.6	38.3
Source					
Sulphate	58.7 ^b	247.8	567.5	449.1 ^b	371.9 ^b
Glucosheptonate	61.3 ^a	242.1	583.4	922.4 ^a	552.5 ^a
SEM	1.16	13.9	80.1	56.2	31.3
Level					
0.25ppm	59.9	244.0	502.6	674.0 ^b	432.2 ^b
0.50ppm	60.2	245.7	657.2	740.5 ^a	506.3 ^a
SEM	1.16	13.9	80.1	56.2	31.3
P value					
P treat	0.002	0.79	0.60	<0.0001	<0.0001
P source	0.03	0.27	0.94	<0.0001	<0.0001
P level	0.07	0.79	0.13	0.0015	0.03
P level×source	0.40	0.69	0.96	0.98	0.90

۱ - حروف متفاوت در هر ستون نشانه تفاوت معنی‌دار

¹ Means with different superscript letters in columns are significantly different, P < 0.05.

² SEM, standard error of the mean

³ Total consists of data for d 0, 35 and 75

سرم همانند ویتامین B₁₂ سرم معنی‌دار بود که نشان دهنده وجود همبستگی بین این دو فراسنجه می‌باشد. نتایج ما با نتایج بیشه‌سری و همکاران (۲۰۱۰) در گوسفند و تیفانی و اسپیرز (۲۰۰۵) در گاو اخته همخوانی دارد. پروپیونات یک پیش‌ساز اصلی برای گلوکز در نشخوارکنندگان است و جیره‌های دچار کمبود کبالت سبب افزایش چشمگیر سوکسینات شکمبه و کاهش پروپیونات می‌گردد (کندی و همکاران ۱۹۹۱). افت پروپیونات بنابراین منجر به کاهش سنتز گلوکز و متعاقباً کاهش گلوکز خون می‌گردد. لذا، در تحقیق ما، بالاتر بودن

تیمارهای دریافت‌کننده کبالت گلوکز سرمی بالاتری داشتند ولی این اختلاف عددی تنها بین تیمار گلوکوهپتونات ۰/۵ با تیمار شاهد معنی‌دار شد. اثر نوع مکمل نیز معنی‌دار بود و تیمارهای آلی نسبت به تیمارهای معدنی از سطح گلوکز خونی بالاتری برخوردار بودند. تیفانی و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نمودند که نوع مکمل تأثیر معنی‌داری بر سطح گلوکز پلاسما در تحقیق آنها داشت به طوری که گاوهای دریافت‌کننده کبالت آلی گلوکز بالاتری داشتند این درحالی است که در همان تحقیق اثر مشابهی در سطح ویتامین B₁₂ مشاهده نشده بود و این محققین نتوانستند توضیحی برای این تفاوت ارائه کنند. در تحقیق حاضر، اثر نوع مکمل برای گلوکز

ویتامین B_{۱۲} در تیمارهای آلی نشانه متابولیسم شکمبه-ای بهتر در نتیجه سنتز گلوکز بیشتر در این تیمارها گشته است.

جدول ۳- اثر سطح و نوع کبالت بر ماده خشک مصرفی، میانگین افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی بزغاله های نر
Table 3- Effects of Co source and level on DFI, ADG and FCR of male goat kids

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments ¹	ماده خشک مصرفی میانگین افزایش وزن روزانه ضریب تبدیل غذایی FCR	ADG (g/day)	DMI (g/day)
Control	10.29	59.03 ^b	602.62 ^b
Sulphate 0.25	10.73	57.20 ^b	609.00 ^{ab}
Sulphate 0.5	9.52	71.19 ^a	677.54 ^{ab}
Glucosheptonate 0.25	10.28	61.31 ^b	617.43 ^{ab}
Glucosheptonate 0.5	9.78	70.63 ^a	687.56 ^a
SEM ²	0.54	2.82	22.69
P value			
P treat	0.62	0.003	0.057
P source	0.87	0.54	0.69
P level	0.15	0.0005	0.005
P level×source	0.47	0.42	0.87

۱- حروف متفاوت در هر ستون نشانه تفاوت معنی دار

¹ Means with different superscript letters in columns are significantly different, $P < 0.05$.

² SEM, standard error of the mean

تیمارها از لحاظ آماری معنی دار نبود ($P > 0.05$). در نشخوارکنندگان گزارش شده است که کمبود ویتامین B_{۱۲} ناشی از کمبود کبالت سبب کاهش مصرف خوراک و کاهش افزایش وزن روزانه می گردد (استانگل و همکاران ۱۹۹۹، ۲۰۰۰). در تحقیق حاضر با مقایسه ای بین نتایج عملکرد و ویتامین B_{۱۲} سرم، مشاهده می شود که افزایش کبالت جیره سبب بهبود تولید ویتامین B_{۱۲} و متعاقباً بهبود عملکرد نسبت به تیمار شاهد شده است. البته بایستی در نظر داشت که در مورد عملکرد برخلاف ویتامین B_{۱۲} این سطح مکمل کبالت است که تأثیرگذار بوده نه نوع آن. براساس گزارش لویز-گویسا و ساتر (۱۹۹۲) کبالت علاوه بر نقشی که در سنتز ویتامین B_{۱۲} دارد، نقش دیگری نیز در دستگاه گوارش ایفا می کند، که کمک به هضم فیبر خصوصاً خوراکیهای علوفه ای کم کیفیت می باشد. طبق نتیجه گیری این محققین به نظر می رسد افزودن مکمل کبالت در مقادیری بیش از آنچه برای سنتز ویتامین B_{۱۲} ضروری است (۰/۲۵ تا ۰/۳۵ میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک) سبب بهبود هضم شکمبه

نتایج مربوط به عملکرد بزغاله ها در جدول ۳ ارائه شده است. هرچند که از لحاظ عددی تمامی تیمارهای دریافت کننده کبالت میزان ماده خشک مصرفی بالاتری نسبت به تیمار شاهد داشتند، اما تنها در تیمار گلوکوهیپتونات ۰/۵ بود که این تفاوت با تیمار شاهد معنی دار بود ($P < 0.05$). سطح کبالت نیز اثر معنی داری بر ماده خشک مصرفی داشت به طوری که تیمارهای دریافت کننده سطح ۰/۵ میلی گرم کبالت بر کیلوگرم ماده خشک نسبت به تیمارهای ۰/۲۵، ماده خشک مصرفی بالاتری داشتند. اثر منبع کبالت و برهم کنش بین سطح و منبع معنی دار نشد ($P > 0.05$). در خصوص میانگین افزایش وزن روزانه تیمارهای دریافت کننده سطح ۰/۵ مکمل کبالت بدون توجه به منبع آن افزایش وزن بیشتری نسبت به تیمار شاهد و سطح ۰/۲۵ داشتند. همانند مقدار ماده خشک مصرفی در مقایسه میانگین های افزایش وزن روزانه نیز اثر سطح کبالت معنی دار شد ($P < 0.05$) و تیمارهای دریافت کننده سطح بالاتر کبالت افزایش وزن بالاتری داشتند. در رابطه با ضریب تبدیل غذایی، تفاوت بین

خشک را سطح بهینه‌ای برای عملکرد بره‌ها گزارش نمودند.

جدول ۴ اثر سطح و نوع مکمل کبالت بر گوارش‌پذیری اجزاء خوراک در بزغاله‌های نر را نشان می‌دهد. اثر تیمار تنها در مورد گوارش‌پذیری ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) معنی‌دار بود. در هر دو این موارد اثر سطح کبالت نیز معنی‌دار بود به طوری که سطح بالاتر کبالت سبب افزایش گوارش‌پذیری ماده خشک و NDF در بزغاله‌ها شد. اثر سطح مکمل همچنین در مورد گوارش‌پذیری ماده آلی نیز تأثیرگذار بود و تیمارهای سطح ۰/۵ میلی‌گرم کبالت گوارش‌پذیری ماده آلی بالاتری داشتند. اختلاف آماری معنی‌داری از لحاظ گوارش‌پذیری OM، CP، EE، ADF و NFC در بین تیمارها مشاهده نشد ($P > 0.05$).

نتایج تحقیق حاضر با نتایج ناگابوشانا و همکاران (۲۰۰۸) که بر روی گوساله کار کردند مغایرت دارد. این محققین اعلام داشتند که افزودن کبالت در سطح ۱ و ۶ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک تأثیری بر گوارش‌پذیری مواد مغذی جیره نداشت. این محققین کافی بودن مواد معدنی جیره پرکنسانتره گوساله‌های آزمایش خود را دلیل بر مشاهده نشدن اثر تیمار بیان داشتند. در مطالعه‌ای بر روی بره‌ها، بیشه‌سری و همکاران (۲۰۱۰)، گزارش نمودند که افزودن کبالت به جیره بره‌های نر سبب بهبود گوارش‌پذیری DM، OM، CP و NDF گردید. نتایجی در زمینه بهبود گوارش‌پذیری در بز (کدیم و همکاران ۲۰۰۳) و بره (وانگ و همکاران ۲۰۰۷) وجود دارد.

ای مواد خوراکی می‌گردد. در تحقیق حاضر عدم تفاوت معنی‌دار بین نوع مکمل کبالت در افزایش عملکرد بیانگر این موضوع است که کبالت در قالب سولفات یا گلوکوهیتونات در داخل شکمبه تأثیر مشابهی بر هضم شکمبه‌ای داشته و عامل مهم سطح عنصر بوده است، که توانسته است علاوه بر افزایش سنتز ویتامین B_{۱۲} عملکرد را نیز بهبود بخشد.

تیفانی و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که متوسط افزایش وزن روزانه گاوهای پرواری در تیمارهای دریافت‌کننده کبالت در کل دوره پایانی بالاتر بود، اما در دوره رشد گاوها تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد و تیمارهای دریافت‌کننده کبالت از دو منبع معدنی و آلی مشاهده نشد. در تحقیقی بر روی گوسفند، ناصر (۲۰۱۱) گزارش نمود که متوسط افزایش وزن روزانه و متوسط ماده خشک مصرفی در تیمارهای دریافت‌کننده کبالت بالاتر از تیمار شاهد بود و همچنین راندمان افزایش وزن به خوراک مصرفی نیز تفاوت معنی‌داری داشت. همچنین وانگ و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیق بر روی گوسفند نشان دادند که تیمارهای دریافت‌کننده کبالت نسبت به شاهد اشتها و افزایش وزن بالاتری داشتند. تیفانی و همکاران (۲۰۰۵) نیز در گاوهای اخته نتیجه‌گیری نمودند که جیره‌هایی که از نظر میزان کبالت در سطح مرزی یا حاشیه‌ای هستند تأثیر نامطلوبی بر عملکرد می‌گذارند. در تحقیق شوارتز و همکاران (۲۰۰۰)، جیره‌های حاوی ۰/۰۷ میلی‌گرم کبالت بر کیلوگرم ماده خشک در مقایسه با جیره‌های حاوی ۰/۱۱ میلی‌گرم، منجر به افزایش وزن روزانه پایین‌تر در گاوهای نر سیمنتال گردید. در تحقیق ما نیز جیره پایه حاوی ۰/۰۷۶ میلی‌گرم کبالت بود که به نظر می‌رسد با دادن ۰/۲۵ میلی‌گرم کبالت بر کیلوگرم ماده خشک نیز نتوانست نیاز بزغاله‌های درحال رشد را تأمین کند و افزودن سطح ۰/۵ میلی‌گرم بود که سبب بهبود رشد گردید. بیشه‌سری و همکاران (۲۰۱۰) و وانگ و همکاران (۲۰۰۷) نیز سطح ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده

جدول ۴- اثر سطح و نوع مکمل کبالت بر گوارش پذیری اجزاء خوراک (%) در بزغاله‌های نر
Table 4- Effects of Co source and level on nutrient digestibility (%) of male goat kids

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments ¹	اجزاء خوراک Nutrients (%)						
	الیاف نامحلول در الیاف نامحلول در						
	چربی خام پروتئین خام ماده آلی ماده خشک	شوینده خنثی	شوینده اسیدی	غیر فیبری	کربوهیدراتهای غیر فیبری		
	DM	OM	CP	EE	NDF	ADF	NFC
Control	61.26 ^c	63.04	60.87	70.13	29.77 ^b	22.47	88.87
Sulphate 0.25	62.37 ^{bc}	63.83	60.83	70.85	30.18 ^b	22.87	89.62
Sulphate 0.5	66.42 ^{ab}	66.56	62.29	70.03	32.39 ^a	23.53	89.07
Glucosulphate 0.25	62.14 ^{bc}	63.94	61.02	69.12	30.27 ^b	23.18	89.02
Glucosulphate 0.5	67.73 ^a	63.71	62.89	70.71	32.69 ^a	23.37	90.18
SEM ²	1.41	1.16	0.78	1.33	0.63	0.78	0.60
Source							
Sulphate	64.39	65.19	61.56	70.44	31.28	23.20	89.34
Glucosulphate	63.93	65.32	61.95	69.91	31.48	23.28	89.60
SEM	1.15	0.89	0.64	1.08	0.51	0.64	0.49
Level							
0.25ppm	62.25 ^b	63.88 ^b	60.92	69.98	30.22 ^b	23.03	89.32
0.50ppm	67.07 ^a	66.64 ^a	62.58	70.37	32.54 ^a	23.45	89.62
SEM	1.15	0.89	0.64	1.08	0.51	0.64	0.49
P value							
P treat	0.0098	0.11	0.24	0.89	0.0052	0.88	0.52
P source	0.70	0.91	0.62	0.69	0.75	0.92	0.67
P level	0.0022	0.025	0.052	0.77	0.001	0.59	0.61
P level×source	0.59	0.98	0.79	0.37	0.86	0.76	0.16

۱- حروف متفاوت در هر ستون نشانه تفاوت معنی‌دار.

¹ Means with different superscript letters in columns are significantly different, P < 0.05.

² SEM, standard error of the mean

کاتیون‌های دو ظرفیتی مثل کبالت می‌توانند بین باکتری و دیواره سلولی گیاه، که هر دو بار منفی دارند، به شکل یک پل عمل کنند (لوپز-گویسا و ساتر ۱۹۹۲)، و بدین طریق باکتری‌های با بار منفی را به دیواره سلولی گیاه با بار منفی نزدیکتر نموده و گوارش آن را تسهیل کنند. بنابراین، به نظر می‌رسد افزایش گوارش پذیری DM و NDF در تیمارهای دریافت کننده سطح بالاتر کبالت در تحقیق حاضر بدلیل افزایش راندمان میکروبی و فعالیت باکتری‌های هضم کننده فیبر در شکمبه (تاملینسون و سوکا ۲۰۰۳) باشد. برخلاف تحقیق بیشه‌سری و همکاران (۲۰۱۰)، سطح پایینتر کبالت (۰/۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد از نظر فراسنجه‌های گوارش‌پذیری نداشت.

در تحقیق حاضر افزایش سطح کبالت تأثیر معنی‌داری بر گوارش‌پذیری خوراک داشت و عملکرد بزغاله‌ها را نیز بهبود بخشید. همچنین سطح بالاتر کبالت بطور معنی‌داری گوارش‌پذیری بالاتری را سبب شد، اثری که در تحقیق بیشه‌سری و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده نگردید. گزارش شده است که جیره‌هایی که دچار کمبود کبالت هستند سبب کاهش جمعیت میکروارگانیزم‌های شکمبه می‌شوند (گال و همکاران ۱۹۴۹، مارستون و لی ۱۹۵۲، مارستون و اسمیت ۱۹۵۲) که به نوبه خود سبب کاهش گوارش‌پذیری در شکمبه می‌گردد (کدیم و همکاران ۲۰۰۳). وانگ و همکاران (۲۰۰۷) افزایش گوارش‌پذیری NDF و ADF را در بره‌های دریافت کننده سطح ۰/۵ میلی‌گرم کبالت در کیلوگرم ماده خشک خوراک را گزارش نمودند. علاوه بر این، نشان داده شده است که

جدول ۵- اثر سطح و نوع مکمل کبالت بر جذب و ابقای ازت و عناصر معدنی کبالت، مس، روی و آهن
Table 5- Effects of Co source and level on absorption and retention of Co, Cu, Zn, Fe and N in goat kids

عنصر	فراسنجه Parameters (mg/d)	P-Value	SEM ²	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental Treatments				
				Glucoheptonate 0.5	Glucoheptonate 0.25	Sulphate 0.5	Sulphate 0.25	Control
کبالت Co	خورده شده Intake	<0.0001	0.033	0.609 ^a	0.356 ^b	0.665 ^a	0.417 ^b	0.107 ^c
	دفع شده از طریق مدفوع Fecal excretion	0.0016	0.076	0.5531 ^{ab}	0.3154 ^{bc}	0.6304 ^a	0.3800 ^b	0.1026 ^c
	دفع شده از طریق ادرار Urinary excretion	0.21	0.0005	0.0024	0.0022	0.0030	0.0026	0.0011
	ابقاء Retention	0.0011	0.0062	0.0528 ^a	0.0380 ^{ab}	0.0314 ^b	0.0336 ^{ab}	0.0035 ^c
	جذب ظاهری (درصد) Apparent absorption	0.0036	0.54	7.21 ^a	6.74 ^{ab}	5.68 ^{ab}	5.07 ^{bc}	3.89 ^c
مس Cu	خورده شده Intake	0.40	0.91	11.24	11.16	12.32	13.35	11.33
	دفع شده از طریق مدفوع Fecal excretion	0.58	0.54	7.25	6.82	6.71	7.79	7.57
	دفع شده از طریق ادرار Urinary excretion	0.97	0.074	0.6320	0.5831	0.6503	0.6031	0.6049
	ابقاء Retention	0.072	0.53	3.35	3.76	4.96	4.97	3.15
	جذب ظاهری (درصد) Apparent absorption	0.067	2.61	41.09	36.49	44.63	38.27	33.30
روی Zn	خورده شده Intake	0.39	2.11	26.82	26.64	29.36	31.75	27.04
	دفع شده از طریق مدفوع Fecal excretion	0.78	3.26	19.08	18.37	20.78	23.90	20.77
	دفع شده از طریق ادرار Urinary excretion	0.0042	0.070	0.562 ^b	0.330 ^c	0.634 ^{ab}	0.672 ^{ab}	0.796 ^a
	ابقاء Retention	0.11	0.67	7.18	7.94	7.94	7.16	5.47
	جذب ظاهری (درصد) Apparent absorption	0.068	2.79	31.31	30.54	28.65	22.77	21.21
آهن Fe	خورده شده Intake	0.40	11.01	135.28	134.28	148.31	160.76	136.34
	دفع شده از طریق مدفوع Fecal excretion	0.02	6.15	77.12 ^b	77.79 ^b	91.22 ^{ab}	107.38 ^a	84.32 ^b
	دفع شده از طریق ادرار Urinary excretion	0.87	1.37	18.48	16.74	18.22	17.04	17.24
	ابقاء Retention	0.68	2.74	38.93	39.74	38.85	36.24	34.83
	جذب ظاهری (درصد) Apparent absorption	0.51	5.11	44.21	40.38	37.46	31.31	37.39
ازت N	خورده شده Intake	0.18	1.16	18.37	18.23	20.15	21.85	18.51
	دفع شده از طریق مدفوع Fecal excretion	0.045	0.77	7.18 ^b	7.08 ^b	9.11 ^{ab}	9.97 ^a	6.99 ^b
	دفع شده از طریق ادرار Urinary excretion	0.04	0.24	1.55 ^b	1.51 ^b	1.54 ^b	1.97 ^{ab}	2.47 ^a

ابقاء Retention	0.98	0.97	9.63	9.64	9.50	9.91	9.05
جذب ظاهری (درصد) Apparent absorption	0.26	3.36	63.66	59.50	54.17	54.47	60.19

۱- حروف متفاوت در هر ردیف نشانه تفاوت معنی‌دار.

¹ Means with different superscript letters in rows are significantly different, $P < 0.05$.

² SEM, standard error of the mean

آهن و کبالت در مخاط روده‌ای با هم برهم کنش دارند و بطور متقابل برهم اثر می‌گذارند به نظر می‌رسد این برهمکنش به دلیل اشتراک سیستم انتقال روده‌ای بین این دو عنصر باشد (تامسون و همکاران، ۱۹۷۱). همچنین گزارش شده است که تغذیه مقادیر بالا اما غیر سمی کبالت در جوجه‌های دریافت کننده جیره دچار فقر روی، سبب افزایش جذب روی گردید (چانگ و همکاران، ۱۹۷۷). علاوه بر این، طبق گزارش روزنبرگ و کاپاس (۱۹۸۹) کبالت به شکل غیرآلی سبب افزایش دفع ادراری روی در موش‌ها می‌گردد. بر همین اساس جذب و ابقای این سه عنصر اندازه‌گیری شد تا هرگونه برهمکنش بین آنها با عنصر کبالت بررسی شود، اما همانگونه که مشاهده شد افزودن کبالت در این سطوح تأثیری بر جذب و ابقای عناصر دیگر نداشت.

نتیجه‌گیری کلی

با وجود اینکه گفته می‌شود بز به نسبت گوسفند به سطوح پایین کبالت در جیره حساسیت کمتری دارد (امبورو و همکاران ۱۹۹۳)، و معمولاً با تکیه بر این تصور از نتایج مربوط به گوسفند برای تعیین سطح نیاز بز به کبالت استفاده می‌شود اما نتایج تحقیق حاضر این نوع نگرش را مردود دانسته و نشان داد که سطح نیاز ۰/۰۷ میلی‌گرم کبالت بر کیلوگرم ماده خشک که توسط مؤسسه NRC (۲۰۰۷) برای بزها تعیین گردیده است در محدوده مرزی نیاز قرار دارد و افزودن کبالت بالاتر از این میزان می‌تواند عملکرد حیوان را بهبود ببخشد.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سطح ۰/۲۵ میلی‌گرم کبالت برای برطرف کردن نیاز جمعیت میکروبی شکمبه و حیوان به کبالت کافی نبوده و بهبود راندمان گوارش-پذیری نیازمند سطح بالاتری از کبالت (احتمالاً ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) می‌باشد. نتایج مربوط به جذب و ابقای عناصر در دوره گوارش-پذیری در جدول ۵ ارائه شده است. ابقاء کبالت در تمامی تیمارهای دریافت کننده کبالت به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد بالاتر بود ($P < 0.05$) و در تیمارهای گلوکوهیتونات بالاتر از تیمارهای سولفات بود. در مورد مس، روی و آهن مکمل کبالت تأثیر معنی‌داری بر جذب ظاهری و ابقای این سه عنصر نداشت، هرچند از نظر عددی تیمارهای دریافت کننده کبالت مقادیر ابقاء و جذب بالاتری نسبت به تیمار شاهد داشتند. این روند در مورد ازت نیز مشاهده شد. در مورد ابقای ازت یوسف و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که افزودن کبالت به جیره بزغاله‌های آفریقایی سبب بهبود جذب و ابقای ازت و عملکرد گردید. ابقاء و جذب ظاهری کبالت در تیمارهای گلوکوهیتونات بالاتر از تیمارهای سولفات بود. با نگاهی به جدول ۲ مشاهده می‌شود که این جذب و ابقای بالاتر در میزان ویتامین B_{۱۲} سرم نمود پیدا کرده است. این روند منطقی به نظر می‌رسد زیرا به طور کلی جذب کبالت بسیار پایین است و تنها وظیفه شناخته شده برای آن حضور در ساختار ویتامین B_{۱۲} می‌باشد (ساتل، ۲۰۱۰). بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که کبالت آلی (گلوکوهیتونات) در شکمبه راندمان سنتز ویتامین B_{۱۲} بالاتری داشته و از این طریق میزان کبالت جذب شده (به شکل ویتامین B_{۱۲}) در تیمارهای دریافت کننده کبالت آلی بالاتر بوده است.

منابع مورد استفاده

- Akins MS, Bertics S, Socha M and Shaver R, 2013. Effects of cobalt supplementation and vitamin B12 injections on lactation performance and metabolism of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96:1755-1768.
- Al-Habsi K, Johnson EH, Kadim IT, Srikanthakumar A, Annamalai K, Al-Busaidy R and Mahgoub O, 2007. Effects of low concentrations of dietary cobalt on live weight gains, haematology, serum vitamin B 12 and biochemistry of Omani goats. *The Veterinary Journal* 173(1):131-137.
- AOAC, 1990. Official Methods for Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, pp. 69–90.
- 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.
- Gall LS, Smith SE, Becker DE, Stark CN and Loosli SK, 1949. Rumen bacteria in cobalt deficient sheep. *Science* 109:468-469.
- Henry P, Littell R and Ammerman C, 1997. Bioavailability of cobalt sources for ruminants. 1. Effects of time and dietary cobalt concentration on tissue cobalt concentration. *Nutrition Research* 17: 947-955.
- Johnson EH, Al-Habsi K, Kaplan E, Srikanthakumar A, Kadim IT, Annamalai K and Mahgoub O, 2004. Caprine hepatic lipidosis induced through the intake of low levels of dietary cobalt. *The Veterinary Journal*, 168(2):174-179.
- Kadim IT, Johnson EH, Mahgoub O, Srikanthakumar A, Al-Ajmi DS, Ritchie A, Annamalai K and AlAlhali AS, 2003. Effect of low levels of dietary cobalt on apparent nutrient digestibility in Omani goats. *Animal Feed Science and Technology*. 109:209–216.
- Kawashima T, Henry P, Ammerman C, Littell R and Price J, 1997a. 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 B 12 concentrations. *Nutrition Research* 17:957-974.
- Kawashima T, Henry P, Bates D, Ammerman C, Littell R and Price J, 1997b. Bioavailability of cobalt sources for ruminants. 3. In vitro ruminal production of vitamin B₁₂ and total corrinoids in response to different cobalt sources and concentrations. *Nutrition Research* 17:975-987.
- Kennedy DG, Cannavan A, Molloy A, O'harte F, Taylor SM, Kennedy S and Blanchflower WJ, 1990. Methylmalonyl-CoA mutase (EC 5.4. 99.2) and methionine synthetase (EC 2.1. 1.13) in the tissues of cobalt–vitamin B 12 deficient sheep. *British Journal of Nutrition*, 64(03):721-732.
- Kennedy DG, Young PB, McCaughey WJ, Kennedy S and Blanchflower WJ, 1991. Rumen succinate production may ameliorate the effects of cobalt-vitamin B-12 deficiency on methylmalonyl CoA mutase in sheep. *The Journal of Nutrition* 121:1236-1242.
- Kincaid R, Lefebvre L, Cronrath J, Socha M and Johnson A, 2003. Effect of dietary cobalt supplementation on cobalt metabolism and performance of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 86:1405-1414.
- Kitessa S, Irish GG and Flinn PC, 1999. Comparison of methods used to predict the in vivo digestibility of feeds in ruminants. *Crop and Pasture Science*, 50(5), 825-842.
- Lopez-Guisa JM and Satter LD, 1992. Effect of copper and cobalt addition on digestion and growth in heifers fed diets containing alfalfa silage or corn crop residues. *Journal of Dairy Science*, 75(1):247-256.
- Marston HR and Lee HJ, 1952. Response of cobalt-deficient sheep to massive doses of vitamin B12. *Nature* 17:791.
- Marston HR and Smith RM, 1952. Control of cobalt deficiency in sheep by injection of vitamin B12. *Nature* 170:792–793.
- Mburu JN, Kamau JMZ and Badamana MS, 1993. Changes in serum levels of vitamin B12, feed, live weight and haematological parameters in cobalt deficient small East African goats. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* 63:135–139.
- Nagabhushana V, Sharma K, Pattanaik AK and Dutta N, 2008. Effect of Cobalt Supplementation on Performance of growing Calves. *Veterinary World*, 1(10):299-302.

- Nasser MEA and Ismail AM, 2011. Effect of cobalt supplementation on gas production measurements, estimated energy values and microbial protein, in vitro. *Lucrari stiintifice. Seria Zootehnie-Universitatea de Stiinte Agricole si Medicina Veterinara Ion Ionescu de la Brad (Romania)*:332-337.
- National Research Council 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academies Press, Washington DC.
- Rosenberg DW and Kappas A, 1989. Trace metal interactions in vivo: inorganic cobalt enhances urinary copper excretion without producing an associated zincuresis in rats. *Journal of Nutrition* 119(9):1259-1268.
- Schwarz FJ, Kirchgessner M and Stangl GI, 2000. Cobalt requirement of beef cattle: Feed intake and growth at different levels of cobalt supply. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 83:121-131.
- Stangl GI, Schwarz FJ and Kirchgessner M, 1999. Moderate long-term cobalt-deficiency affects liver, brain and erythrocyte lipids and lipoproteins of cattle. *Nutrition Research* 19(3):415-427.
- Stangl GI, Schwarz FJ, Müller H and Kirchgessner M, 2000. Evaluation of the cobalt requirement of beef cattle based on vitamin B12, folate, homocysteine and methylmalonic acid. *British Journal of Nutrition* 84:645-653.
- Suttle NF, 2010. "The mineral nutrition of livestock". 4th Edition. CABI Publishing Co., New York.
- Tiffany M and Spears J, 2005. Differential responses to dietary cobalt in finishing steers fed corn-versus barley-based diets. *Journal of Animal Science* 83:2580-2589.
- Tiffany ME, Spears JW, Xi L and Horton J, 2003. Influence of dietary cobalt source and concentration on performance, vitamin B status, and ruminal and plasma metabolites in growing and finishing steers. *Journal of Animal Science* 81(12):3151-3159.
- Tomlinson D and Socha M, 2003. More cobalt for mature cows? *Feed International*. 8:20-22.
- VanSoest PJ, Roberston JB and Lewis BA, 1991. Methods for dietary fibre NDF and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597.
- 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.
- Westerma LR and Constabel F, 1982. "Plant tissue culture methods" 2nd Ed. Sasatoon: National Research Council of Canada, Prairie Regional Laboratory.
- Young RS, 1979. Cobalt in biology and biochemistry. Academic Press Inc.(London) Ltd.
- Yousuf MB, Belew MA, Gbadamosj HA and Ogundur F NJ, 2007. Effect of cobalt supplements on performance of goats fed *Panicum maximum* hay. *International Journal of Poultry Science*. 6(4):1-3.
- 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.

The effect of cobalt source and level on serum vitamin B₁₂, performance and feed digestibility of male goat kids

SAH Dezfoulian¹, H Aliarabi^{2*} and A Bahari³

Received: February 24, 2016

Accepted: June 19, 2016

¹PhD Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University of Hamedan, Hamedan, Iran

²Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University of Hamedan, Hamedan, Iran

³Associate Professor, Faculty of Para veterinary, Bu-Ali Sina University of Hamedan, Hamedan, Iran

Introduction: The essentiality of cobalt (Co) in ruminant nutrition and its key function in ruminal vitamin B₁₂ synthesis has been clearly demonstrated by previous literature (Russell, 1944; Marston, 1952; Smith and Loosli, 1957; Smith and Marston, 1970). The National Research Council (NRC, 2007) lists the dietary Co requirement of goat kids with 20kg body weight to be 0.07 mg Co/d; However, in lambs Bishehsari *et al.* (2010) demonstrated that supplementing the diet with more than twice the NRC recommendations with cobalt-sulphate increased plasma vitamin B₁₂ concentration, final body weight, average daily gain and gain efficiency. It has also been demonstrated that increasing amounts of dietary cobalt supplementation causes elevated serum and liver vitamin B₁₂ concentrations in sheep, however no benefits in animal performance were observed (Kawashima *et al.*, 1997a). The NRC (2007) recommendations of 0.1-0.2 mg Co/kg dry matter (DM) in sheep are based on observations in grazing animals (Wang *et al.*, 2007). For a long time, mineral requirements of goats have been considered as a halfway between those of cattle and sheep (Meschy, 2000). However, based on several reports (Kišidayová *et al.*, 2001; Johnson *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2007; Bishehsari *et al.*, 2010), the levels of 0.1-0.2 mg Co/kg DM do not meet rumen microbial Co requirements for vitamin B₁₂ synthesis in sheep or goats.

Material and methods: Thirty weaned male goat kids, with an average body weight of 17.8 kg were randomly assigned to five treatments including: 1) Basal diet containing 0.076 mg Co/kg DM (Control); 2 and 3) basal diet + 0.25 and 0.5 mg Co/kg DM as Co-sulphate (sulphate 0.25 and sulphate 0.5); 4 and 5) basal diet + 0.25 and 0.5 mg Co/kg DM as Co-glucoheptonate (glucoheptonate 0.25 and glucoheptonate 0.5). This study was conducted in two trials. The first and second trials were carried out in 75 and 14 days, respectively, as a 2×2+1 factorial experiment based on a completely randomized design. Blood samples were collected on days 0, 35 and 75 of the first trial. And during the second trial, feces, urine and feed orts samples were collected.

Results and discussions: Serum vitamin B₁₂ was elevated during the trial in the Co supplemented groups as compared to control. Although the differences between treatments were not statistically significant on day 35, the 0.5ppm levels (sulfate and glucoheptonate) had numerically higher vitamin B₁₂ concentrations. On d 75, differences between organic and inorganic supplements were more pronounced as the two organic treatments regardless of level had higher serum vitamin B₁₂ concentrations (P<0.0001). Even though inorganic Co treatments were not significantly different from the control, they had numerically higher vitamin B₁₂ values. The effect of source and level of Co were both significant on d 75 as the organic source and higher level of Co supplementation led to higher vitamin B₁₂ values (P<0.05). In general, Co-glucoheptonate supplements were more effective in increasing serum vitamin B₁₂ levels. There were no significant interactions between level and source of Co. In ruminants, the efficiency of vitamin B₁₂ production from Co is low, only about 3% (Smith and Marston, 1970). There have been few reports of comparisons between different sources of Co in animal studies. The carbonate, chloride, sulphate, nitrate and glucoheptonate forms of Co have been indicated to be effective supplemental sources of Co for ruminants but these are not always supported by comparative data (Henry, 1995). The increase in Vitamin B₁₂ from day 0 to day 35 in

the control group, is believed to be related to the previous diet the goats had received before the onset of the study, which probably had been cobalt deficient. The greater vitamin B₁₂ values observed in the Co-glucoheptonate treatments in our study demonstrates that this source of Co may be more available to ruminal metabolism of vitamin B₁₂. There were no significant differences between treatments for DFI, with the exception of the 0.5mg/kg Co-G group which had significantly higher feed intake compared to control but not compared to other Co treated groups. The effect of Co concentration was significant as the 0.5 mg Co/kg DM had higher feed intakes compared to 0.25mg Co/kg DM groups. The effect of Co concentration was also significant for ADG. The Co-S 0.5 and Co-G 0.5 groups showed higher weight gains compared to other Co receiving treatments and control. The greater Co treated groups, although having better feed conversion ratios compared to other treatments, failed to show a significant difference in the statistical analysis and the differences were only numerical. Cobalt supplements affected DM, OM and NDF digestibility. The effect of Co source was significant and the 0.5 ppm level caused higher DM, OM and NDF digestibility in goat kids. It seems the level of 0.25 mg Co/kg DM was not sufficient in improving nutrient digestibility.

Conclusion: The overall data obtained by comparing the Co treatments showed that the concentration of 0.076 mg Co/kg dry matter of the basal diet seems to be marginally insufficient for goats and additional Co may be required.

Keywords: Goat, Cobalt, Glucoheptonate, Digestibility, Vitamin B₁₂