



اثر سطوح مختلف مس به صورت بلوس آهسته‌رهش بر تولید و ترکیب شیر و برخی فراسنجه‌های خونی میش‌های لری بختیاری

پروین نصر چالشتی^۱، امیر فدایی‌فر^{۲*}، ایوب عزیزی^۲، آرش آذرفر^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

۲- استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

۳- استاد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

(تاریخ دریافت: ۹۹/۰۹/۰۶ - تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۲۷)

چکیده

به منظور بررسی تولید و ترکیب شیر و برخی فراسنجه‌های خونی میش‌های آبستن دریافت کننده بلوس آهسته‌رهش مس، ۱۲۰ رأس میش لری بختیاری آبستن (شکم زایش سوم و چهارم با اسکور ۳ تا ۳/۵) به صورت کاملاً تصادفی به سه گروه ۴۰ رأسی تقسیم شدند: (۱) میش‌های شاهد (۵/۷۹ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک)، (۲) میش‌های آبستن دریافت کننده سطح دو میلی‌گرم مس در روز (یک عدد بلوس)، و (۳) میش‌های آبستن دریافت کننده سطح چهار میلی‌گرم مس در روز (دو عدد بلوس). شصت روز قبل از تاریخ پیش‌بینی زایمان، بلوس مورد نظر به گروه‌های مختلف خوراندند. در ۶۰ روز قبل از زایمان، ۱۰ و ۶۰ روز بعد از زایمان از میش‌ها خون‌گیری به عمل آمد. غلظت‌های مس و سرولوپلاسمین سرم و تعداد گلبول‌های سفید خون در میش‌های دریافت کننده یک یا دو عدد بلوس مس نسبت به شاهد بیشتر بود ($P < 0.05$). تولید شیر، مقدار پروتئین و مقدار مواد جامد بدون چربی شیر در میش‌های دریافت کننده دو عدد بلوس مس نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود ($P < 0.05$). همچنین میش‌های دریافت کننده یک عدد بلوس مس نیز نسبت به تیمار شاهد دارای تولید شیر، مقدار پروتئین و مقدار مواد جامد بدون چربی شیر بیشتری بودند ($P < 0.05$). درصد چربی شیر در تیمار شاهد نسبت به میش‌های دریافت کننده دو عدد بلوس مس بیشتر بود ($P < 0.05$). مقدار مس شیر در میش‌های دریافت کننده یک یا دو عدد بلوس مس نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود ($P < 0.05$). به‌طور کلی، هر دو سطح مس سبب بهبود تولید شیر و برخی فراسنجه‌های خون میش‌ها شد، اما سطح چهار میلی‌گرم مس به دلیل تولید شیر بیشتر توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سرولوپلاسمین، عملکرد، گوسفند، همتولوژی

* نویسنده مسئول: Fadayifar.a@lu.ac.ir

doi: 10.22124/AR.2022.18271.1582

مقدمه

تغذیه یک عامل مهم در اواخر بارداری برای بقا و وضعیت سلامت نوزاد در نشخوارکنندگان کوچک است (Mahboub *et al.*, 2013). برای رشد مناسب نوزاد، تأمین مواد مغذی کافی ضروری است (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۳). تغذیه زیر حد نیاز باعث تأخیر در رشد غدد پستانی، کاهش آغوز و در دسترس بودن شیر برای نوزاد می‌شود (Tygesen *et al.*, 2008). نیاز به مواد معدنی در هنگام آبستنی در پستانداران معمولاً جهت رشد و نمو جنین افزایش می‌یابد و به ویژه در اواخر دوره آبستنی به بالاترین مقدار خود می‌رسد (Suttle, 2010). کمبود مواد معدنی ضروری بر تمام فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند رشد، تولیدمثل، سیستم ایمنی، تولید شیر و دیگر فرآیندهای حیوانات تأثیر می‌گذارد (Haenlein and Anke, 2011). مس یکی از عناصر کم‌مصرف محدودکننده برای رشد جنین و نوزاد است، همچنین نقش‌های فیزیولوژیکی مهمی در رشد و تکامل جنین دارد (Ergaz *et al.*, 2012). احتیاجات مس برای میش‌های بالغ تک قلو (با میانگین وزن ۷۰ کیلوگرم) در اواخر آبستنی و اوایل شیردهی به ترتیب ۹/۰۰ و ۹/۹۵ میلی‌گرم در روز گزارش شده است (NRC, 2007). در هنگام کاهش مصرف مس جیره، انتقال مس از مادر به جنین برای رشد طبیعی و پیشگیری از ناهنجاری‌های سیستم عصبی مرکزی، اسکلت و سوخت و ساز کافی نیست (Bastian *et al.*, 2010). از طرفی، وجود مس در شیر مادر برای رشد پس از زایمان و رشد نوزاد پستانداران ضروری است (Michalczyk *et al.*, 2000). علاوه بر این، مس نقش مهمی در عملکرد شیردهی در گاوهای شیری دارد (Engle and Spears, 2000) و برای تولید شیر ضروری است (Suttle, 2010). انتقال مس به شیر به عنوان یک روند فعال صورت می‌گیرد (Freestone *et al.*, 2014). افزودن مس به جیره میش‌های زندی باعث افزایش غلظت مس در شیر شده است (Pordel *et al.*, 2018). همچنین افزودن مس (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم به جیره پایه حاوی ۵ میلی‌گرم مس) به جیره گاوهای شیری سبب افزایش تولید شیر شد (Wang *et al.*, 2012). در تحقیق دیگری نیز افزودن هشت میلی‌گرم در کیلوگرم مس به جیره پایه میش‌های آبستن در اواخر دوره آبستنی سبب افزایش غلظت روی و مس در شیر میش شد

(چراغی مشعوف و همکاران، ۱۳۹۶). کمبود مس منجر به کاهش مصرف خوراک در همه گونه‌ها می‌شود و احتمالاً دلیل کاهش رشد حیوانات در حال رشد و کاهش وزن بدن در حیوانات بالغ است (Naji, 2017).

عوارض و اختلالات حاصل از کمبود مس به اشکال بالینی و تحت بالینی در بسیاری از مناطق کشور گزارش شده است (Dezfoulian *et al.*, 2012). استفاده از مکمل خوراکی و تزریقی مس در گله دارای کمبود مس، سبب افزایش غلظت سرمی مس و فعالیت سرمی سرولوپلاسمین در میش‌های آبستن شد (رسولی و همکاران، ۱۳۹۰). استفاده از بلوس‌های آهسته‌رهش مواد معدنی کم مصرف حاوی مس در میش‌های آبستن نجدي سبب بهبود وضعیت مس خون میش‌ها شد (Abdelrahman *et al.*, 2017). به هر حال، در خصوص افزودن مس به جیره غذایی گاوهای شیری و تأثیر آن بر تولید و ترکیب شیر مطالعاتی زیادی وجود دارد (Ballantine *et al.*, 2002; Griffiths *et al.*, 2007; Toni *et al.*, 2007; Siciliano-Jones *et al.*, 2008; DeFrain *et al.*, 2009; Yang *et al.*, 2011; Nemeč *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2012; Machado *et al.*, 2013; Dietz, 2015). اما مطالعات اندکی در خصوص استفاده از مکمل مس در میش آبستن و تأثیر آن بر تولید و ترکیب شیر وجود دارد. بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی خوراندن سطوح مختلف مس به صورت بلوس آهسته‌رهش و تأثیر آن بر تولید و ترکیب شیر و برخی فراسنجه‌های خونی میش‌های لری بختیاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در ایستگاه تحقیقاتی و آزمایشگاه تغذیه دام گروه علوم دامی دانشگاه لرستان انجام شد. جهت انجام مطالعه حاضر، ابتدا از یک گله ۳۵۰ راسی که در فصل تولیدمثل با استفاده از یک روش مشخص (Kachuee *et al.*, 2014) در سه روز متوالی برای زایش همزمان شده بودند و برای آبستنی آنها از تلقیح مصنوعی استفاده شده بود، ۱۲۰ راس میش آبستن با تاریخچه پیش‌بینی زمان زایش 60 ± 1 روز انتخاب و به سه گروه ۴۰ رأسی تقسیم‌بندی شدند: (۱) میش‌های شاهد (۵/۷۹ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک)، (۲) میش‌های آبستن دریافت کننده سطح دو میلی‌گرم مس در روز (یک عدد بلوس)، و (۳) میش‌های آبستن دریافت کننده سطح چهار

جهت تعیین پروتئین خام، چربی خام، خاکستر، ایفام نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی جیره غذایی از دستگاه Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS DA 7250، ساخت کشور سوئد) استفاده شد. غلظت عنصر کلسیم، روی، مس و مولیبدن جیره غذایی با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل 240FS AA، ساخت کشور آمریکا) اندازه‌گیری شد. همچنین غلظت گوگرد جیره با استفاده از دستگاه تجزیه عنصری به روش احتراق (مدل TECS 4010، ساخت کشور ایتالیا) تعیین شد. از میش‌ها (۱۰ راس از هر تیمار با سن و وزن نزدیک به هم) در ۶۰ روز قبل از زایمان (روز صفر آزمایش)، ۱۰ و ۶۰ روز بعد از زایمان، قبل از خوراک‌دهی وعده صبح‌گاهی خون‌گیری انجام شد. نمونه‌های خون مربوط به هر دام در هر نوبت در دو لوله مجزا جمع‌آوری شدند. یک لوله حاوی هپارین برای تهیه نمونه خون کامل و یک لوله بدون ماده ضد انعقاد برای استخراج سرم بود.

میلی‌گرم مس در روز (دو عدد بلوس). بلوس‌ها (شرکت زوفا اکسیر پارس، ایران) با بلوس‌خوران به هر یک از دام‌ها خوراندند. جهت اطمینان از مصرف بلوس به وسیله دام‌ها، میش‌ها به مدت نیم ساعت به صورت انفرادی نگهداری شدند. طی این زمان، جهت شناسایی در مراحل بعدی آزمایش، به گوش میش‌ها پلاک زده شد. طول دوره آزمایش برابر با ۱۵۰ روز بود (دو ماه قبل از زایمان تا سه ماه بعد از زایمان). میانگین وزن هر بلوس 10 ± 0.1 گرم حاوی ۲۰ درصد مس با میانگین نرخ رهش دو میلی‌گرم مس در روز بود. تمامی میش‌ها در طول دوره آزمایش به صورت گروهی در یک گله نگهداری شدند و همگی یک نوع جیره غذایی بر اساس جداول احتیاجات غذایی (NRC, 2007) به غیر از عنصر مس برای دو ماه آخر آبستنی دریافت نمودند (جدول ۱) و پس از زایمان با شروع فصل بهار به مرتع دسترسی آزاد داشتند.

جدول ۱- تجزیه شیمیایی و ترکیبات جیره

Table 1. Chemical composition and components of diet

Ingredient (%DM)	
Barley	4.5
Corn	6
Wheat bran	5
Soybean meal	4.5
Alfalfa hay	22
Wheat straw	44
Corn silage	12
Mineral and vitamin premix for ewe	2
Chemical composition (%DM)	
Organic matter	93.8
Crude protein	9.6
Ether extract	1.72
Neutral detergent fiber	53.2
Acid detergent fiber	32.0
Non-fiber carbohydrates	26.0
Ash	6.15
Metabolizable energy (Mcal/Kg DM)	2.18
Calcium	0.76
Phosphorus	0.31
Sulfur	0.53
Zinc (mg/kg DM)	23.4
Copper (mg/kg DM)	5.79
Molybdenum (mg/kg DM)	0.14

* Each kilogram of premix contains: 200,000 IU of vitamin A, 40,000 IU of vitamin D3, 4,000 IU of vitamin E, 600 mg of manganese, 600 mg of zinc, 10 mg of Selenium, 200 g of calcium, 20 g of phosphorus, 10 mg of cobalt, 10 mg of iodine, 2 g of magnesium, 500 g of sodium and 200 mg of antioxidants.

ثبت رکورد شیر، یک نمونه از شیر دوشیده شده با دست جهت تعیین ترکیبات شیر شامل درصد چربی، درصد پروتئین، درصد مواد جامد بدون چربی، غلظت عناصر روی، مس و آهن به آزمایشگاه ارسال شد. درصد پروتئین، چربی و مواد جامد بدون چربی شیر با دستگاه میکواسکن (مدل: TM FT1، ساخت کشور دانمارک) تعیین شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (2004) نسخه ۹/۱ انجام شد. فراسنجه‌های خونی می‌شود به صورت اندازه‌های تکرار شده در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه آماری شدند که مدل آماری آن به صورت زیر نشان داده شده است:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + E_{aijl} + E_{bijkl}$$

در این مدل، μ اثر میانگین، A_i اثر تیمار A_m ، B_j اثر زمان خون-گیری A_m ، AB_{ij} اثر متقابل تیمار و زمان نمونه‌گیری، E_{aijl} اثر تصادفی حیوان و E_{bijkl} خطای باقیمانده هستند. جهت تجزیه آماری تولید و ترکیب شیر از طرح کاملاً تصادفی و مدل زیر استفاده شد:

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

که در آن، Y_{ij} : هر مشاهده (داده) در آزمایش، μ : میانگین جامعه، T_i : اثر تیمار آزمایشی و e_{ij} : اشتباه آزمایشی بود. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

فراسنجه‌های خونی: جدول ۲ نتایج مربوط به اثر استفاده از سطوح مختلف مس به صورت بلوس آهسته‌رهش بر غلظت مس، روی، آهن و سرولوپلاسمین سرم می‌شود را نشان می‌دهد. غلظت مس و سرولوپلاسمین سرم در می‌شود دریافت کننده یک یا دو عدد بلوس مس نسبت به شاهد بیشتر بود ($P < 0.05$). غلظت روی و آهن سرم تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($P > 0.05$). در روز صفر آزمایش (۶۰ روز قبل از زایمان)، غلظت مس، روی و سرولوپلاسمین سرم خون می‌شود نسبت به روز ۱۰ و ۶۰ پس از زایمان پائین‌تر بود ($P < 0.05$). غلظت آهن سرم در روز ۶۰ پس از زایمان نسبت به روز ۶۰ قبل از زایمان افزایش یافت ($P < 0.05$), اما بین روز ۶۰ پس از زایمان و روز ۱۰ پس از زایمان تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$).

نمونه‌های خون جمع‌آوری شده بدون ماده ضد انعقاد، سانتریفوژ (مدل Rotofix 32A، ساخت آلمان) شدند (۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه) و سرم آن‌ها جدا شد. سپس نمونه‌های سرم جمع‌آوری شده به منظور تعیین غلظت روی، مس و آهن و غلظت سرولوپلاسمین در دمای -18°C درجه سلسیوس تا زمان تجزیه نگه‌داری شدند. غلظت روی، مس و آهن شیر با دستگاه جذب اتمی (Varian SpectraAA220، ساخت استرالیا) تعیین شدند. قبل از اندازه‌گیری غلظت مواد معدنی ذکر شده، نمونه‌ها با اضافه کردن تری کلرواستیک اسید به نمونه‌های پلاسما با نسبت ۱:۱ و سانتریفوژ کردن، پروتئین‌زدایی شدند (Pechova et al., 2009). میزان غلظت روی و مس سرم با استفاده از کیت‌های مخصوص شرکت بایرکس فارس، میزان غلظت آهن سرم با استفاده از کیت تشخیص کمی آهن شرکت پارس آزمون با روش فتومتریک و میزان سرولوپلاسمین سرم خون با استفاده از کیت سرولوپلاسمین شرکت بیونیک تعیین شدند. روش آماده‌سازی کالیبراتور و کنترل نمونه‌ها به شرح دستورالعمل شرکت‌های سازنده انجام شد. به منظور اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی (تعداد گلبول‌های سفید، تعداد گلبول‌های قرمز، درصد هماتوکریت و غلظت هموگلوبین)، خون‌های گرفته شده در ۱۰ و ۶۰ روزگی بعد از زایمان در لوله‌های حاوی هپارین بی‌درنگ به آزمایشگاه ارسال و شمارش یاخته‌های خونی با استفاده از دستگاه شمارش سلولی (مدل Coulter S8، ساخت آمریکا) انجام شد. برای تعیین میزان تولید شیر در طول یک هفته، هر روز بره‌ها به مدت ۱۲ ساعت از مادر به‌طور جداگانه نگه‌داری شدند، سپس بره‌ها با ترازوی دیجیتال (با دقت بالا) وزن‌کشی شدند و در همان لحظه به مدت ۱۰ دقیقه اجازه داده شد که از شیر مادران استفاده نمایند. بره‌ها بلافاصله بعد از جدا شدن از مادران، دوباره توزین شدند و اختلاف وزن قبل و بعد از مصرف شیر ثبت شد. همچنین بعد از جدا کردن بره‌ها از مادر، باقیمانده شیر از پستان می‌شود پس از تزریق عضلانی سه سی‌سی اُکسی‌توسین دوشیده و میزان آن ثبت شد. در نهایت، مجموع کل شیر تولیدی در ۱۲ ساعت، از حاصل جمع شیر مصرفی به وسیله بره‌ها و شیر دوشیده شده به روش دستی محاسبه شد و برای تبدیل آن به ۲۴ ساعت در عدد دو ضرب شد (Peniche et al., 2015). در روز آخر

جدول ۲- اثر بلوس آهسته‌رهش مس بر غلظت مس، روی و آهن سرم (میلی‌گرم در لیتر) و غلظت سرولوبلاسمین (میلی‌گرم در دسی لیتر) میش‌های لری بختیاری

Table 2. Effect of slow-release copper bolus on serum copper, zinc and iron concentrations (mg/L) and ceruloplasmin concentration (mg/dL) in Lori Bakhtiari ewes

Item	Blood parameters			
	Copper	Zinc	Iron	Ceruloplasmin
Treatment				
Control	0.693 ^b	0.872	1.758	9.676 ^b
2 mg copper per day	0.831 ^a	0.899	1.640	11.805 ^a
4 mg copper per day	0.829 ^a	0.864	1.512	12.472 ^a
SEM	0.0340	0.0243	0.0660	0.3744
Day				
-60	0.626 ^b	0.754 ^b	1.456 ^b	9.388 ^b
10	0.806 ^a	0.893 ^a	1.632 ^{ab}	12.021 ^a
60	0.832 ^a	0.917 ^a	1.725 ^a	11.452 ^a
SEM	0.0371	0.0265	0.0720	0.4084
P-value				
Treatment	0.0123	0.3585	0.1326	0.0351
Day	0.0231	0.0026	0.0334	0.0007
Treatment* Day	0.1943	0.1580	0.3663	0.0890

^{a-b} Means in each column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

تیومولیبیدات مس، گوگرد از راه تشکیل سولفید مس و روی از راه تحریک ساخت پروتئین متالوتیونین سبب ایجاد اختلال در جذب مس می‌شوند (Senthilkumar *et al.*, 2009). سطح قابل تحمل گوگرد جیره‌ای در گوسفندهای دریافت کننده نسبت بالای کنسانتره، ۰/۳ درصد ماده خشک جیره و در گوسفندان دریافت کننده سطح بالای علوفه، ۰/۵ درصد ماده خشک جیره گزارش شده است (NRC, 2005). گوگرد زیست‌فراهمی مس را از راه تشکیل رسوب سولفید مس کاهش داده و از این مسیر سبب کاهش سطح مس خون می‌شود (Senthilkumar *et al.*, 2009). پس از تجزیه جیره غذایی در پژوهش حاضر مشخص شد که جیره پایه حاوی ۰/۵۳ درصد گوگرد است و ممکن است کمبود مس مشاهده شده مربوط به همین موضوع باشد. این اطلاعات نشان می‌دهد که در هنگام ارزیابی میزان مصرف مس در نشخوارکنندگان، در نظر گرفتن میزان گوگرد جیره بسیار حائز اهمیت است. بر خلاف نتایج تحقیق حاضر، در پژوهشی با افزودن سطوح ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک به صورت سولفات مس و پروتئینات مس به جیره پایه بره‌های پروری (حاوی ۸/۶ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک)، تغییری در غلظت مس پلاسما ایجاد نشد (Dezfoulan *et al.*, 2012). این محققین دلیل این موضوع را به غلظت بالای مولیبیدن در

مطابق با نتایج تحقیق حاضر، گزارش شده است که افزودن هشت میلی‌گرم مس به جیره میش‌های آبستن در جیره پایه حاوی ۷/۵۱ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک در ۴۵ روز قبل از زایمان و ۳۰ روز پس از زایمان سبب افزایش غلظت مس پلاسما در میش‌ها شد (چراغی مشعوف و همکاران، ۱۳۹۶). استفاده از مکمل خوراکی و تزریقی مس در گله با کمبود مس در منطقه خوزستان، غلظت سرمی مس میش‌های آبستن را افزایش داد (رسولی و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین با افزودن ۱۰ میلی‌گرم مس به جیره غذایی (حاوی ۷/۴ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک) بزهای کشمیری، غلظت مس پلاسما آنها افزایش یافت (Zhang *et al.*, 2008). زمانی که غلظت مس علوفه‌های غالب چراگاه کمتر از سه میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک باشد علایم کمبود مس در دام کاملاً مشهود شده و در غلظت سه تا پنج میلی‌گرم مس در هر کیلوگرم ماده خشک، حیوان را در معرض کمبود قرار داده و سطوح بالاتر از پنج میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک برای دام کافی بوده، مگر اینکه آنتاگونیست‌های تغذیه‌ای مس سبب کمبود ثانویه آن شوند (Radostits *et al.*, 2007). مهمترین آنتاگونیست‌های تغذیه‌ای مس، غلظت بالای مولیبیدن، گوگرد و روی در جیره غذایی است (Senthilkumar *et al.*, 2009). مولیبیدن از راه تشکیل

آهن از مسیر جفت به جنین را محدود کند (Andersen *et al.*, 2007). همچنین در موش‌های متولد شده از مادران دچار کمبود مس، انتقال آهن در سلول‌های انتروسیست به علت اختلال در عملکرد هفستین کاهش یافته و این امر سبب کاهش غلظت آهن پلاسما می‌شود (Pyatskowit and Prohaska, 2008). مطابق با نتایج تحقیق حاضر، گزارش شده است که افزودن هشت میلی‌گرم مس به جیره میش‌های آبستن، تأثیری بر غلظت آهن پلاسما نداشت (چراغی مشعوف و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین، سایر محققین نیز در بره‌های پرواری (Dezfoulan *et al.*, 2012) و تلیسه‌ها (Rabiansky *et al.*, 1999) با افزودن مس به جیره پایه، تغییری در غلظت آهن پلاسما مشاهده نکردند.

استفاده از مکمل خوراکی (کپسول چهار گرمی اکسید مس) و تزریقی مس (۵۰ میلی‌گرم مس به صورت تزریق زیرجلدی) در گله با کمبود مس، سبب افزایش غلظت سرولوپلاسمین سرم در میش‌های آبستن شد (رسولی و همکاران، ۱۳۹۰)، که همسو با نتیجه تحقیق حاضر است. افزودن ۱۴ میلی‌گرم پروتئینات مس به جیره بره‌های پرواری با جیره پایه حاوی ۷/۳۸ میلی‌گرم مس در هر کیلوگرم ماده خشک نیز غلظت سرولوپلاسمین سرم را افزایش داد (Senthilkumar *et al.*, 2009). همچنین محققین دیگری نیز (Cheng *et al.*, 2011; Dezfoulan *et al.*, 2012) با افزودن مس به جیره بره‌های پرواری، میزان سرولوپلاسمین بالاتری را در سرم خون گزارش کردند. بر خلاف نتایج تحقیق حاضر، با افزودن ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم مس به جیره پایه بره‌های نر سنجابی، میزان سرولوپلاسمین تحت تأثیر قرار نگرفت (هژبری و همکاران، ۱۳۹۶). در تحقیق دیگری نیز، با افزودن سه سطح ۲۰، ۱۰ و ۳۰ قسمت در میلیون مس به صورت سولفات و پروتئینات به جیره غذایی میش‌های بالغ حذفی، میش‌های تغذیه شده با ۳۰ میلی‌گرم مس در روز ۲۸ و ۷۳ آزمایش، سرولوپلاسمین پایین‌تری نسبت به میش‌های تغذیه شده با ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم مس داشتند (Eckert *et al.*, 1999).

فراسنجه‌های هماتولوژی: جدول ۳ نتایج مربوط به اثر استفاده از سطوح مختلف مس به صورت بلوس آهسته‌رهش بر تعداد گلبول قرمز، تعداد گلبول سفید، غلظت هموگلوبین و درصد هماتوکریت در میش‌ها را نشان داده است. درصد هماتوکریت،

جیره پایه مرتبط دانستند. با افزودن سه سطح ۲۰، ۱۰ و ۳۰ میلی‌گرم مس به ازای هر کیلوگرم ماده خشک به صورت سولفات و پروتئینات به جیره پایه میش‌های بالغ حذفی (حاوی ۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک)، تغییری در غلظت مس پلاسما مشاهده نشد، اما غلظت مس کبدی به طور معنی‌داری بیش از حد مجاز افزایش یافت (Eckert *et al.*, 1999). ولی به علت عدم شرایط تنش‌زا، مسمومیتی گزارش نکردند. افزودن مس در دو سطح هشت و ۱۶ میلی‌گرم مس به صورت سولفات مس و مس-لازین به جیره غذایی تلیسه‌های حاوی ۵/۰۹ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک، تأثیری بر غلظت مس پلاسما نداشت (Rabiansky *et al.*, 1999). در سایر تحقیقات نیز با افزودن مس به جیره غذایی تلیسه‌ها (فکاری نوبیجاری و همکاران، ۱۳۹۱) و گاوهای شیری (Nemec *et al.*, 2012; Dietz, 2015)، غلظت مس پلاسما تحت تأثیر قرار نگرفت.

غلظت بالای مس در جیره غذایی سبب تحریک ساخت متالوتیونین شده و این پروتئین در سلول‌های انتروسیست روده به علت میل ترکیبی شدید به روی و مس، مانع جذب آن‌ها می‌شود (Suttle, 2010). مطابق با نتایج تحقیق حاضر، گزارش شده است که افزودن هشت میلی‌گرم مس به جیره پایه (حاوی ۷/۵۱ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک) میش‌های آبستن، تغییری در غلظت روی پلاسما ایجاد نکرده است (چراغی مشعوف و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین، افزودن مس به جیره بره‌های پرواری حاوی ۸/۶ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک جیره، اثر معنی‌داری بر غلظت روی پلاسما نداشت (علی‌عربی و همکاران، ۱۳۹۱). در بررسی دیگری نیز افزودن ۱۵ میلی‌گرم مس به صورت مس-لازین به جیره بره‌های پرواری، اثر معنی‌داری بر غلظت روی پلاسما نداشت (هژبری و همکاران، ۱۳۹۶). در تحقیقات دیگری نیز با افزودن مس به جیره پایه تغییر معنی‌داری در غلظت روی پلاسما مشاهده نشد (Dezfoulan *et al.*, 2012; Rabiansky *et al.*, 1999; Engle and Spears, 2000; Ergaz *et al.*, 2012; Nemec *et al.*, 2012; Dietz, 2015).

مشخص شده است که کمبود مس، سوخت و ساز آهن را از مسیر مکانیسم‌های مختلفی تحت تأثیر قرار می‌دهد. کمبود مس می‌تواند عملکرد آنزیم فرواکسیداز را کاهش دهد و انتقال

نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود ($P < 0.05$). هیچ کدام از فراسنجه‌های هماتولوژی میش‌ها در آزمایش حاضر از روزهای نمونه‌برداری تاثیر نپذیرفت ($P > 0.05$).

تعداد گلبول‌های قرمز و غلظت هموگلوبین تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($P > 0.05$), اما تعداد گلبول‌های سفید در میش‌های دریافت کننده بلوس مس

جدول ۳- اثر بلوس آهسته‌رهش مس بر درصد هماتوکریت، تعداد گلبول‌های سفید ($10^3 \times$ در میلی‌متر مکعب)، تعداد گلبول‌های قرمز ($10^3 \times$ در میلی‌متر مکعب) و غلظت هموگلوبین (گرم در دسی‌لیتر) میش‌های لری بختیاری

Table 3. Effect of slow-release copper bolus on hematocrit percentage, white blood cell count ($\times 10^3/\text{mm}^3$), red blood cell count ($\times 10^3/\text{mm}^3$), and hemoglobin concentration (g/dL) in Lori Bakhtiari ewes

Item	Hematology parameters			
	Hematocrit	White blood cell	Red blood cell	Hemoglobin
Treatment				
Control	26.79	11.04 ^b	3.68	9.28
2 mg copper per day	27.52	13.43 ^a	3.76	9.58
4 mg copper per day	26.79	13.98 ^a	3.86	9.82
SEM	0.9203	0.9881	0.1384	0.2789
Day				
10	27.02	12.57	3.64	9.24
60	28.02	12.99	3.89	9.88
SEM	0.7512	0.8066	0.1130	0.2276
P-value				
Treatment	0.7992	0.0158	0.8971	0.4456
Day	0.4303	0.8453	0.1573	0.1065
Treatment \times Day	0.5733	0.9281	0.6321	0.4485

^{a-b} Means in each column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

در مغایرت با نتایج تحقیق حاضر، افزودن سه سطح ۲۰، ۱۰ و ۳۰ میلی‌گرم مس به صورت سولفات و پروتئینات به جیره غذایی میش‌های بالغ حذفی حاوی پنج میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک، هیچ اثری بر تعداد گلبول سفید نداشتند (Eckert *et al.*, 1999). در تحقیقی دریافتند که افزودن مس به صورت سولفات و پروتئینات به جیره غذایی بزغاله‌های سیاه بنگال حاوی ۵/۷ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک، تأثیری بر تعداد گلبول‌های سفید نداشت (Mondal and Biswas, 2007). در تحقیق دیگری، افزودن دو سطح ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم مس به صورت سولفات و پروتئینات به جیره غذایی بزغاله‌های پرواری در جیره پایه حاوی ۹/۵۹ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک، تغییری در تعداد گلبول‌های سفید ایجاد نکرد (Datta *et al.*, 2007). سیستم ایمنی بدن برای انجام چندین عملکرد به مس نیاز دارد، که اطلاعات محدودی در خصوص نقش مستقیم مس بر عملکرد سیستم ایمنی در دسترس است. از مدل‌ها و سلول‌های حیوانی در محیط کشت برای ارزیابی نقش مس در پاسخ ایمنی استفاده شده است. برخی از تحقیقات نشان دادند که

مس به واسطه آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در حفاظت از سلول‌های خونی دارای اهمیت ویژه‌ای است (Suttle, 2010). همچنین، مس موجود در سرولوپلاسمین، برای جذب آهن از کبد و انتقال آن به مغز استخوان ضروری است. در صورت کمبود مس، آهن در کبد تجمع می‌یابد و آهن در گردش خون و مغز استخوان کاهش می‌یابد، در نتیجه، کمبود مس باعث کاهش کارایی خون‌سازی می‌شود (Suttle, 2010). در مطابقت با نتایج تحقیق حاضر، گزارش شده است که افزودن ۱۵ میلی‌گرم مس به صورت مس لیزین یا نانومس به جیره پایه بره‌های پرواری حاوی ۵/۶ میلی‌گرم مس، تأثیری بر درصد هماتوکریت خون نداشت (هژبری و همکاران، ۱۳۹۶). گزارش شده است که در میش‌های با کمبود مس، درصد هماتوکریت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Naji, 2017). بر خلاف نتایج تحقیق حاضر، در تحقیقی دریافتند که افزودن ۲۰ میلی‌گرم مس به جیره پایه بره‌های پرواری (حاوی ۸/۶ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک)، درصد هماتوکریت خون افزایش یافته است (بهاری و همکاران، ۱۳۹۱).

در کیلوگرم ماده خشک، غلظت هموگلوبین را تحت تاثیر قرار نداد (Datta *et al.*, 2007). در تحقیق دیگری نیز، افزودن سه سطح ۲۰، ۱۰ و ۳۰ پی‌پی‌ام مس به صورت سولفات و پروتئینات به جیره غذایی میش‌های بالغ حذفی، هیچ اثری بر میزان هموگلوبین نداشت. در روز ۲۸ آزمایش، میش‌های تغذیه شده با ۲۰ میلی‌گرم مس، هموگلوبین کمتری داشتند و در روز ۷۳ آزمایش، میش‌های تغذیه شده با ۱۰ و ۳۰ میلی‌گرم مس، هموگلوبین بیشتری داشتند، ولی اختلاف معنی‌داری بین دو گروه وجود نداشت (Eckert *et al.*, 1999). بر خلاف نتایج تحقیق حاضر، استفاده از سطوح بالای مس در جیره بره‌های پرواری (بهاری و همکاران، ۱۳۹۱)، بزغاله‌های سیاه بنگال (Mondal and Biswas, 2007) و گاوهای شیری هلشتاین سبب افزایش غلظت هموگلوبین خون شد (Yang *et al.*, 2011).

تولید و ترکیب شیر: تولید شیر، مقدار پروتئین و مقدار مواد جامد بدون چربی شیر به‌طور معنی‌داری در میش‌های دریافت کننده دو عدد بلوس آهسته‌رهش مس نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود (جدول ۴، $P < 0.05$). همچنین میش‌های دریافت کننده یک عدد بلوس آهسته‌رهش مس نیز نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری تولید شیر، مقدار پروتئین و مقدار مواد جامد بدون چربی شیر بیشتری داشتند ($P < 0.05$). درصد چربی شیر در تیمار شاهد نسبت به میش‌های دریافت کننده دو عدد بلوس آهسته‌رهش مس بیشتر بود ($P < 0.05$), اما در درصد پروتئین و مواد جامد بدون چربی شیر، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد ($P > 0.05$). مقدار مس شیر در میش‌های دریافت کننده یک یا دو عدد بلوس آهسته‌رهش مس نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود ($P < 0.05$), اما مقدار روی و آهن شیر دارای تفاوت معنی‌داری بین تیمارها نبود ($P > 0.05$).

اینترلوکین ۲ در زمان کمبود مس کاهش می‌یابد و ساز و کار احتمالی آن، کاهش تقسیم سلولی سلول‌های T است (Percival, 1998). گزارش شده است که حتی در کمبود حاشیه‌ای مس، هنگامی که شاخص‌های رایج مس تحت تأثیر رژیم غذایی قرار نگیرند، پاسخ تکثیر و غلظت اینترلوکین کاهش می‌یابد (Percival, 1998). تعداد نوتروفیل‌ها در خون محیطی انسان در موارد کمبود شدید مس کاهش می‌یابد (Percival, 1998). در تحقیق حاضر نیز کمبود مس کاملاً مشهود است که ممکن است به همین دلیل، تعداد گلبول‌های سفید در گروه شاهد کاهش یافته باشد.

با تامین دو سطح ۱۰ و ۲۰ قسمت در میلیون مس به صورت سولفات مس در بره‌های پرواری، تغییری در شمار گلبول‌های قرمز مشاهده نشد (Dezfulian *et al.*, 2012)، که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی داشت. همچنین در تحقیق دیگری، افزودن دو سطح ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم مس به صورت سولفات و پروتئینات به جیره غذایی بزغاله‌های پرواری، تغییری در تعداد گلبول‌های قرمز ایجاد نشد (Datta *et al.*, 2007). در تحقیق دیگری نیز با افزودن سه سطح ۲۰، ۱۰ و ۳۰ پی‌پی‌ام مس به صورت سولفات و پروتئینات به جیره غذایی میش‌های بالغ حذفی، میش‌های تغذیه شده با ۲۰ میلی‌گرم مس، در روز ۲۸ و ۷۳ آزمایش، تعداد گلبول قرمز کمتری نسبت به دو گروه دریافت کننده مکمل داشتند (Eckert *et al.*, 1999). بر خلاف نتایج تحقیق حاضر، افزودن ۲۰ میلی‌گرم مس به جیره بره‌ها (حاوی ۸/۶ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک) باعث افزایش تعداد گلبول قرمز خون شد (بهاری و همکاران، ۱۳۹۱).

همسو با نتایج تحقیق حاضر، افزودن دو سطح ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم مس به صورت سولفات و پروتئینات به جیره غذایی بزغاله‌های پرواری در جیره پایه حاوی ۹/۵۹ میلی‌گرم مس

جدول ۴- میانگین تولید شیر روزانه و برخی ترکیبات شیر میش‌های دریافت کننده سطوح مختلف مس به صورت بلوس آهسته رهش

Table 4. Average daily milk yield and some milk components of ewes receiving different levels of copper in the form of slow-release bolus

Item	Treatment			SEM	P-value
	Control	2 mg copper per day	4 mg copper per day		
Milk yield (Kg/d)	0.420 ^c	0.568 ^b	0.634 ^a	0.0191	0.0001
Milk composition					
Fat (%)	5.720 ^a	4.896 ^{ab}	4.364 ^b	0.3256	0.0368
Fat (g/d)	23.762	27.884	27.729	1.8555	0.2451
Protein (%)	6.438	5.888	6.446	0.2586	0.2561
Protein (g/d)	26.946 ^c	33.460 ^b	40.708 ^a	1.5679	0.0002
Solids Not Fat (%)	12.036	11.882	11.682	0.2526	0.6223
Solids Not Fat (g/d)	50.290 ^c	66.326 ^b	75.405 ^a	2.2291	0.0001
Zinc (mg/L)	4.907	6.571	5.343	0.6763	0.2384
Copper (mg/L)	0.167 ^b	0.231 ^a	0.236 ^a	0.0150	0.0167
Iron (mg/L)	0.668	0.641	0.698	0.0832	0.8820

^{a-c} Means in each row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

همسو با نتایج تحقیق حاضر، افزودن مس به جیره گاوهای شیری قبل و بعد از زایمان سبب افزایش مقدار چربی شیر شد (Ballantine *et al.*, 2002; Griffiths *et al.*, 2007). در مغایرت با نتایج تحقیق حاضر، در یک تحقیق، افزودن ۱۲۵ میلی‌گرم مس به جیره گاوهای شیری ۶۰ روز قبل از زایمان تا روز ۲۰ شیردهی هیچ تأثیری بر مقدار چربی شیر نداشت (Toni *et al.*, 2007). در تحقیقات دیگری نیز افزودن مس به جیره غذایی، مقدار چربی شیر را تحت تأثیر قرار نداده است (Campbell *et al.*, 1999; DeFrain *et al.*, 2009; Nemeč *et al.*, 2012).

نتایج تحقیق حاضر و سایر تحقیقات نشان می‌دهد با افزودن مس به جیره پایه، درصد پروتئین شیر تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد (Campbell *et al.*, 1999; Ballantine *et al.*, 2002; Toni *et al.*, 2007; Siciliano-Jones *et al.*, 2008; DeFrain *et al.*, 2009; Yang *et al.*, 2011; Machado *et al.*, 2013; Dietz, 2015). همسو با نتایج تحقیق حاضر، مقدار پروتئین شیر تولید شده در روز با افزودن مس به جیره غذایی افزایش یافته است (Ballantine *et al.*, 2002; Siciliano-Jones *et al.*, 2007; Toni *et al.*, 2007). که دلیل این موضوع، افزایش تولید شیر در روز بوده است. در مطابقت با نتایج تحقیق حاضر، در سایر تحقیقات نیز افزودن مس به جیره گاوهای شیری، درصد مواد جامد بدون چربی شیر را متاثر نساخت (Ballantine *et al.*, 2002; Toni *et al.*, 2007).

مس برای تولید شیر ضروری است (Kirchgessner and Weigand, 1982). کمبود مس می‌تواند تأثیر منفی بر اشتها حیوان داشته باشد و از این مسیر، تولید شیر و ترکیب شیر را تحت تأثیر قرار دهد (Suttle, 2010). همسو با نتایج تحقیق حاضر، با افزودن مس به جیره غذایی گاوهای شیری، افزایش تولید شیر گزارش شد (Wang *et al.*, 2012). همچنین، افزودن ۱۲۵ میلی‌گرم مس به جیره پایه حاوی هفت میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک از ۳۵ روز قبل از زایمان تا ۲۳۰ روز پس از زایمان در گاو شیری، باعث افزایش تولید شیر شد (Griffiths *et al.*, 2007). افزودن مس به جیره گاوهای شیری از سه هفته قبل از زایمان تا ۳۵ هفته بعد از زایمان، سبب افزایش تولید شیر شد (Siciliano-Jones *et al.*, 2008). افزودن مس به جیره گاوهای شیری از ۲۱ روز قبل از زایمان تا روز ۲۵ شیردهی، گاوهای دریافت کننده مس دارای تولید شیر بیشتری بودند (Ballantine *et al.*, 2002). از طرف دیگر، افزودن سطوح بالای مس به جیره گاوهای شیری (Campbell *et al.*, 1999; Toni *et al.*, 2007; DeFrain *et al.*, 2009; Yang *et al.*, 2011; Nemeč *et al.*, 2012; Machado *et al.*, 2013; Dietz, 2015) تأثیری بر تولید شیر نداشت که در تضاد با نتایج این مطالعه بود. می‌توان چنین استنباط نمود که جیره های غذایی با کمبود مس به اضافه کردن مس به جیره یا تزریق مس پاسخ نشان داده‌اند و افزودن مس به جیره‌های پایه حاوی سطوح مناسب مس، تأثیری بر عملکرد تولید شیر نداشته است.

نتیجه‌گیری کلی

تولید شیر، مقدار پروتئین و مقدار مواد جامد بدون چربی شیر در میش‌های دریافت‌کننده دو عدد بلوس مس نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. همچنین میش‌های دریافت‌کننده یک عدد بلوس مس نیز نسبت به تیمار شاهد، تولید شیر، مقدار پروتئین و مقدار مواد جامد بدون چربی شیر بیشتری داشتند. همچنین مقدار مس شیر در میش‌های دریافت‌کننده یک یا دو عدد بلوس مس نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود. به‌طور کلی، استفاده از بلوس آهسته‌رهش مس در میش‌های آبستن تغذیه شده با جیره پایه حاوی ۵/۷۹ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک می‌تواند سبب بهبود عملکرد آنها شود.

تشکر و قدردانی

از پرسنل محترم آزمایشگاه مرکزی دانشگاه لرستان به خاطر همکاری‌ها لازم در خصوص تجزیه بسیاری از فراسنجه‌های تحقیق حاضر تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

در مطابقت با نتایج تحقیق حاضر، افزودن سطوح مختلف مس به جیره غذایی، اثری بر غلظت روی شیر گاوهای شیری نداشت (Yang et al., 2011). اما، افزودن هشت میلی‌گرم مس به جیره پایه میش‌های شیرده (حاوی ۷/۵۱ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک)، غلظت روی در شیر را افزایش داد (چراغی مشعوف و همکاران، ۱۳۹۶).

همسو با نتایج تحقیق حاضر، افزودن مس به جیره میش‌های زندی سبب افزایش غلظت مس شیر شد (Pordel et al., 2018). همچنین افزودن هشت میلی‌گرم مس به جیره پایه میش‌های شیرده (حاوی ۷/۵۱ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک)، غلظت مس شیر را افزایش داد (چراغی مشعوف و همکاران، ۱۳۹۶). در مغایرت با نتایج تحقیق حاضر، افزودن سطوح مختلف مس به جیره پایه حاوی سطح مناسب مس، اثری بر غلظت مس شیر گاوهای شیری نداشت (Yang et al., 2011). بنابراین نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد زمانی که دام دچار کمبود حاشیه‌ای مس باشد، افزودن مس به جیره ممکن است سبب افزایش غلظت مس شیر شود.

در مطابقت با نتایج تحقیق حاضر، غلظت آهن شیر از افزودن مس به جیره غذایی میش (چراغی مشعوف و همکاران، ۱۳۹۶) و گاو شیری (Yang et al., 2011) تاثیر نپذیرفت.

فهرست منابع

- بهاری ع. ا.، علی عربی ح.، طباطبایی م. م.، دزفولیان ا. ح.، رشیدی ج.، زمانی پ.، علیپور د.، صادقی نسب ع.، بختیاری ز.، و فدایی فر. ا. ۱۳۹۱. اثر سطح و نوع مکمل مس بر فراسنجه‌های هماتولوژی، سروتولوپلاسمین و غلظت پلاسمایی مس، روی و آهن در بره‌های نر مهربان. علوم دامی ایران، ۴۳(۲): ۱۶۱-۱۷۱.
- چراغی مشعوف ل.، علی عربی ح.، فرح‌آور ع.، زمانی پ.، و علیمحمدی ر. ۱۳۹۶. تأثیر افزودن روی و مس به جیره میش‌های آبستن در اواخر دوره آبستنی بر پروفیل مواد کانی خون و شیر، عملکرد رشد بره‌ها و برخی فراسنجه‌های خونی. علوم دامی ایران، ۴۹(۲): ۲۶۷-۲۸۴.
- رسولی ا.، شهریاری ا.، نوری م.، و حاجی حاجیکلایی م. ر. ۱۳۹۰. مقایسه تأثیر داروهای خوراکی و تزریقی مس بر وضعیت سرم گوسفندان. تحقیقات دامپزشکی، ۶۶(۴): ۳۴۳-۳۷۸.
- عبداللهی ا.، کهرام ح.، شهیر م. ح.، و نعمتی م. ح. ۱۳۹۳. تأثیر بلوس شکمبه‌ای مواد معدنی آهسته رهش روی وضعیت مواد معدنی، تعداد فولیکول‌های تخمدان و نتایج آبستنی در میش‌های افشاری همزمان سازی شده. تحقیقات دامپزشکی ایران، ۱۶(۱): ۶۳-۶۸.
- فکاری نوبیجاری ح.، امانلو ح.، و دهقان بنادکی م. ۱۳۹۱. استفاده از مکمل‌های مس برای بهبود عملکرد رشد و سلامت پا در گاوهای جوان هلشتاین. مجله علوم و فناوری کشاورزی، ۱: ۷۷-۸۶.

- هژبری ف.، دارابی م.، و معینی م. م. ۱۳۹۶. بررسی اثر مکمل‌های مختلف مس بر عملکرد، برخی فراسنجه‌های خون و پاسخ ایمنی همورال در بره‌های نر سنجابی. پژوهش در نشخوارکنندگان، (۶): ۱۰۱-۱۱۶.
- Abdelrahman M. M., Aljumaah R. S. and Khan R. U. 2017. Effects of prepartum sustained-release trace elements ruminal bolus on performance, colostrum composition and blood metabolites in Najdi ewes. *Environmental Science and Pollution Research*, 24: 9675-9680.
- Ballantine H., Socha M., Tomlinson D. A. D., Johnson A., Fielding A., Shearer J. and Van Amstel S. 2002. Effects of feeding complexed zinc, manganese, copper, and cobalt to late gestation and lactating dairy cows on claw integrity, reproduction, and lactation performance. *The Professional Animal Scientist*, 18: 211-218.
- Bastian T. W., Prohaska J. R., Georgieff M. K. and Anderson G. W. 2010. Perinatal iron and copper deficiencies alter neonatal rat circulating and brain thyroid hormone concentrations. *Endocrinology*, 151: 4055-4065.
- Campbell M., Miller J. and Schrick F. 1999. Effect of additional cobalt, copper, manganese, and zinc on reproduction and milk yield of lactating dairy cows receiving bovine somatotropin. *Journal of Dairy Science*, 82: 1019-1025.
- Cheng J., Ma H., Fan C., Zhang Z., Jia Z., Zhu X. and Wang L. 2011. Effects of different copper sources and levels on plasma superoxide dismutase, lipid peroxidation, and copper status of lambs. *Biological Trace Element Research*, 144: 570-579.
- Datta C., Mondal M. and Biswas P. 2007. Influence of dietary inorganic and organic form of copper salt on performance, plasma lipids and nutrient utilization of Black Bengal (*Capra hircus*) goat kids. *Animal Feed Science and Technology*, 135: 191-209.
- DeFraain J., Socha M., Tomlinson D. and Kluth D. 2009. Effect of complexed trace minerals on the performance of lactating dairy cows on a commercial dairy. *The Professional Animal Scientist*, 25: 709-715.
- Dezfoulian A. H., Aliarabi H., Tabatabaei M. M., Zamani P., Alipour D., Bahari A. and Fadayifar A. 2012. Influence of different levels and sources of copper supplementation on performance, some blood parameters, nutrient digestibility and mineral balance in lambs. *Livestock Science*, 147: 9-19.
- Dietz A. M. 2015. Effects of dietary Cu, Zn and Mn on bovine neutrophil function. Thesis for the Degree Master of Science in the Graduate School of the Ohio State University.
- Eckert G., Greene L., Carstens G. and Ramsey W. 1999. Copper status of ewes fed increasing amounts of copper from copper sulfate or copper proteinate. *Journal of Animal Science*, 77: 244-249.
- Engle T. and Spears J. 2000. Effects of dietary copper concentration and source on performance and copper status of growing and finishing steers. *Journal of Animal Science*, 78: 2446-2451.
- Ergaz Z., Shoshani-Dror D., Guillemin C., Neeman-azulay M., Fudim L., Weksler-Zangen S., Stodgell C. J., Miller R. K. and Ornoy A. 2012. The effect of copper deficiency on fetal growth and liver anti-oxidant capacity in the Cohen diabetic rat model. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 265: 209-220.
- Freestone D., Cater M. A., Ackland M. L., Paterson D., Howard D. L., de Jonge M. D. and Michalczyk A. 2014. Copper and lactational hormones influence the CTR1 copper transporter in PMC42-LA mammary epithelial cell culture models. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 25: 377-387.
- Griffiths L., Loeffler S., Socha M., Tomlinson D. and Johnson A. 2007. Effects of supplementing complexed zinc, manganese, copper and cobalt on lactation and reproductive performance of intensively grazed lactating dairy cattle on the South Island of New Zealand. *Animal Feed Science and Technology*, 137: 69-83.
- Haenlein G. and Anke M. 2011. Mineral and trace element research in goats: A review. *Small Ruminant Research*, 95: 2-19.
- Kachuee R., Moeini M. and Souri M. 2014. Effects of organic and inorganic selenium supplementation during late pregnancy on colostrum and serum Se status, performance and passive immunity in Merghoz goats. *Animal Production Science*, 54: 1016-1022.
- Kirchgessner M. and Weigand E. 1982. Optimal zinc requirement of lactating dairy cows based on various dose-response relationships. *Archiv fur Tierernahrung*, 32: 569-578.
- Machado V., Bicalho M., Pereira R., Caixeta L., Knauer W., Oikonomou G., Gilbert R. and Bicalho R. 2013. Effect of an injectable trace mineral supplement containing selenium, copper, zinc, and manganese on the health and production of lactating Holstein cows. *The Veterinary Journal*, 197: 451-456.
- Mahboub H. D., Ramadan S. G., Helal M. A. and Aziz E. A. 2013. Effect of maternal feeding in late pregnancy on behaviour and performance of Egyptian goat and sheep and their offspring. *Global Veterinaria*, 11: 168-176.
- Michalczyk A. A., Rieger J., Allen K. J., Mercer J. F. and Ackland M. L. 2000. Defective localization of the Wilson disease protein (ATP7B) in the mammary gland of the toxic milk mouse and the effects of copper supplementation. *Biochemical Journal*, 352: 565-571.

- Monda M. and Biswas P. 2007. Different sources and levels of copper supplementation on performance and nutrient utilization of castrated black Bengal (*Capra hircus*) kids diet. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 20: 1067-1075.
- Naji H. A. 2017. The effect of zinc and copper deficiency on hematological parameters, oxidative stress and antioxidants levels in the sheep. *Basrah Journal of Veterinary Research*, 16: 344-355.
- Nemec L., Richards J., Atwell C., Diaz D., Zanton G. and Gressley T. 2012. Immune responses in lactating Holstein cows supplemented with Cu, Mn, and Zn as sulfates or methionine hydroxy analogue chelates. *Journal of Dairy Science*, 95: 4568-4577.
- NRC. 2005. Mineral tolerance of animals. National Academies Press.
- NRC. 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academy of Science, Washington, DC 347p.
- Pechova A., Misurova L., Pavlata L. and Dvorak R. 2009. The influence of supplementation of different forms of zinc in goats on the zinc concentration in blood plasma and milk. *Biological Trace Element Research*, 132: 112-121.
- Peniche G. I., Sarmiento F. L. and Santos R. R. 2015. Estimation of milk production in hair ewes by two methods of measurement. *Revista MVZ Córdoba*, 20: 4629-4635.
- Pordel O., Khazali H., Rokni H. and Hosseini A. 2018. Administration of Different Levels of Arginine and Lysine Coupled with Copper for Change the Copper Concentration of Milk in the Lactating Zandi's Ewes. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 8: 241-246.
- Pyatskowitz J. W. and Prohaska J. R. 2008. Copper deficient rats and mice both develop anemia but only rats have lower plasma and brain iron levels. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 147: 316-323.
- Rabiansky P., McDowell L., Velasquez-Pereira J., Wilkinson N., Percival S., Martin F., Bates D., Johnson A., Batra T. and Salgado-Madriz E. 1999. Evaluating copper lysine and copper sulfate sources for heifers. *Journal of Dairy Science*, 82: 2642-2650.
- Radostits O. M., Gay C., Hinchcliff K. W. and Constable P. D. 2007. A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats. *Veterinary Medicine*, 10: 2045-2050.
- Senthilkumar P., Nagalakshmi D., Reddy Y. R. and Sudhakar K. 2009. Effect of different level and source of copper supplementation on immune response and copper dependent enzyme activity in lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 41: 645-653.
- Siciliano-Jones J., Socha M., Tomlinson D. and DeFrain J. 2008. Effect of trace mineral source on lactation performance, claw integrity, and fertility of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 91: 1985-1995.
- Suttle N. F. 2010. Mineral nutrition of livestock. Cabi.
- Toni F., Grigoletto L., Rapp C., Socha M. and Tomlinson D. 2007. Effect of replacing dietary inorganic forms of zinc, manganese, and copper with complexed sources on lactation and reproductive performance of dairy cows. *The Professional Animal Scientist*, 23: 409-416.
- Tygesen M. P., Nielsen M. O., Nørgaard P., Ranvig H., Harrison A. P. and Tauson A-H. 2008. Late gestational nutrient restriction: Effects on ewes' metabolic and homeorhetic adaptation, consequences for lamb birth weight and lactation performance. *Archives of Animal Nutrition*, 62: 44-59.
- Wang F., Li S., Xin J., Wang Y., Cao Z., Guo F. and Wang Y. 2012. Effects of methionine hydroxy copper supplementation on lactation performance, nutrient digestibility, and blood biochemical parameters in lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 95: 5813-5820.
- Yang W., Wang J., Liu L., Zhu X., Wang X., Liu Z., Wang Z., Yang L. and Liu G. 2011. Effect of high dietary copper on somatostatin and growth hormone-releasing hormone levels in the hypothalamus of growing pigs. *Biological Trace Element Research*, 143: 893-900.
- Zhang W., Wang R., Kleemann D. O., 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.



Research paper

Effect of different levels of copper as a slow-release bolus on milk yield and composition and some blood metabolites of Lori Bakhtiari ewes

P. Nasr Chaleshtori¹, A. Fadayifar^{2*}, A. Azizi², A. Azarfar³

1. MSc Student, Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Islamic Republic of Iran

2. Assistant Professor, Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Islamic Republic of Iran

3. Professor, Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Islamic Republic of Iran

(Received: 26-11-2020 – Accepted: 15-02-2021)

Abstract

To investigate the milk yield and composition and some blood parameters of pregnant ewes receiving a slow-release bolus of copper, 120 Lori-Bakhtiari pregnant ewes (in their third and fourth parities with a body condition score of 3 to 3.5) were divided into three groups of 40 heads each in a completely randomized design. Treatments included: 1) control ewes (5.79 mg copper per kg of dry matter); 2) ewes receiving two milligrams of copper per day (one bolus), and 3) ewes receiving four milligrams of copper per day (two boluses). On the first day, days 10 and 60 postpartum, blood samples were taken from the ewes. Serum copper concentration, serum ceruloplasmin concentration, and white blood cell count were significantly higher in ewes receiving one or two copper bolus than in the control group ($P<0.05$). Milk production, protein content, and percentage of non-fat milk solids were significantly higher in ewes receiving two copper bolus than in other treatments ($P<0.05$). Also, ewes receiving one copper bolus had significantly higher milk production, protein content, and percentage of non-fat milk solids than the control treatment ($P<0.05$). The percentage of milk fat in the control group was higher than ewes receiving two slow-release copper bolus ($P<0.05$). Milk copper concentration in ewes receiving one or two copper boluses was higher than in the control treatment ($P<0.05$). In general, both levels of copper improved milk production and some blood parameters, but the use of two boluses is recommended for higher milk production.

Keywords: Ceruloplasmin, Performance, Sheep, Hematology

*Corresponding author: Fadayifar.a@lu.ac.ir