



The effect of source and level of copper in the diet on production and health of Holstein cows during transition period

Sina Azad¹ | Hamid Amanlou² | Najme Eslamian Farsuni³
| Tahere Amirabadi Farahani⁴ | Hadi Khabazan⁵

1. Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: sina.azad@znu.ac.ir
2. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: amanlou@znu.ac.ir
3. Department of Animal Sciences, Chaharmahal Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrekord, Iran. E-mail: N.E.Farsuni@areeo.ac.ir
4. Corresponding Author, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. E-mail: Amirabadi@sku.ac.ir
5. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: hadikhabazan@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: January 9, 2022

Received in revised form:

October 28, 2022

Accepted: November 3, 2022

Published online: April 14, 2023

Keywords:

Copper glycinate,
Mastitis,
Milk yield,
Somatic cells count,
Transition period.

ABSTRACT

In the present study, the effect of source and level of copper in the diet on production and health of dairy cows were investigated using 105 multiparous pregnant Holstein cows from -21 until +15 days relative to calving in randomized complete block design with 3 treatments and 35 replications. The experimental treatments include: 1) diet containing copper at the NRC recommended levels of copper sulfate source (NRC-S), 2) diet containing copper at twice the NRC recommended levels of copper glycinate source (2NRC-Gly) and 3) diet containing copper at twice the NRC recommended levels of copper sulfate source (2NRC-S). Milk yield and composition were not affected by experimental treatments, but treatment by time interaction indicated that cows fed 2NRC-Gly had higher milk production than NRC-S group ($P < 0.05$) at 60, 90 and 120 days in milk (DIM) and cows fed 2NRC-Gly produced more milk at 90 and 120 DIM compared to NRC-S group ($P < 0.05$). The somatic cells count was significantly lower ($P < 0.05$) for cows in group 2NRC-Gly than cows in group NRC-S. The incidence of subclinical mastitis in 2NRC-Gly treatment was lower than other treatments at 15 DIM ($P = 0.05$). No difference in body weight and body condition score changes were observed between treatments. Blood metabolites and liver enzymes were not affected by adding different sources of copper, except postpartum serum albumin which was increased in 2NRC-Gly group relative to the other two groups ($P < 0.05$). Based on the obtained results, adding copper especially from the copper glycinate source at twice the NRC recommended levels led to an increase in the serum albumin concentration, a decrease in milk somatic cells count and lower incidence of subclinical mastitis, which could indicate an improvement in health of cows during transition period.

Cite this article: Azad, S., Amanlou, H., Eslamian Farsuni, N., Amirabadi Farahani, T., & Khabazan, H. (2023). The effect of source and level of copper in the diet on production and health of Holstein cows during transition period. *Journal of Animal Production*, 25 (1), 37-50. DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2022.337081.623669>





اثر منبع و سطح مس در جیره بر تولید و سلامت گاوهای هلستاین طی دوره انتقال

سینا آزاد^۱ | حمید امانلو^۲ | نجمه اسلامیان فارسونی^۳ | طاهره امیرآبادی فراهانی^۴ | هادی خبازان^۵

۱. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: sina.azad@znu.ac.ir
۲. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: amanlou@znu.ac.ir
۳. گروه علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران. رایانامه: N.E.Farsuni@areeo.ac.ir
۴. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. رایانامه: Amirabadi@sku.ac.ir
۵. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: hadikhabazan@gmail.com

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

در مطالعه حاضر، اثر منبع و سطح مس جیره بر تولید و سلامت گاوهای شیری با استفاده از ۱۰۵ رأس گاو هلستاین چند شکم زایش آبیستن از ۲۱ روز قبل از زایش تا ۱۵ روز پس از زایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار و ۳۵ تکرار بررسی شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- جیره حاوی مس در سطح توصیه NRC از منبع سولفات مس (NRC-S)، ۲- جیره حاوی مس در سطح دو برابر توصیه NRC از منبع گلیسینات مس (2NRC-Gly) و ۳- جیره حاوی مس در سطح دو برابر توصیه NRC از منبع سولفات مس (2NRC-S) بود. تولید شیر و ترکیبات آن تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت، اما اثر متقابل تیمار در زمان نشان داد که در روزهای ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ شیردهی، گاوهای تیمار 2NRC-Gly تولید شیر بالاتری نسبت به گاوهای NRC-S داشتند ($P < 0.05$) و گاوهای 2NRC-S در روز ۹۰ و ۱۲۰ شیردهی تولید شیر بالاتری نسبت به گاوهای NRC-S داشتند ($P < 0.05$). شمار سلول‌های بدنی در گاوهای تیمار 2NRC-Gly نسبت به گاوهای NRC-S پایین‌تر بود ($P < 0.05$). بروز ورم پستان تحت بالینی در روز ۱۵ شیردهی در تیمار 2NRC-Gly در مقایسه با دو تیمار دیگر کمتر بود ($P = 0.05$). تفاوتی در تغییرات وزن بدن و امتیاز وضعیت بدنی بین تیمارها مشاهده نشد. فراسنجه‌های خونی و آنزیم‌های کبدی تحت تأثیر افزودن مس به شکل معدنی و آلی قرار نگرفتند، اما غلظت آلبومین سرم پس از زایش در گروه 2NRC-Gly نسبت به دو گروه دیگر افزایش یافت ($P < 0.05$). براساس نتایج حاصل، افزودن مس به‌ویژه از منبع گلیسینات مس در سطح دو برابر توصیه NRC سبب افزایش سطح آلبومین سرم، کاهش شمار سلول‌های بدنی شیر، کاهش بروز ورم پستان تحت بالینی و بهبود سلامت گاوهای دوره انتقال می‌شود.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۱/۲۵

کلیدواژه‌ها:

تولید شیر،

دوره انتقال،

شمار سلول‌های بدنی،

گلیسینات مس،

ورم پستان.

استناد: آزاد، س، امانلو، ح، اسلامیان فارسونی، ن، امیرآبادی فراهانی، ط. و خبازان، ه (۱۴۰۲). اثر منبع و سطح مس در جیره بر تولید و سلامت گاوهای هلستاین طی دوره انتقال. *نشریه توليدات دامی*، ۲۵ (۱)، ۳۷-۵۰. DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2022.337081.623669>



۱. مقدمه

مواد معدنی کم مصرف بخش کوچک اما مهمی از جیره گاوهای شیری را تشکیل داده و به عنوان کوفاکتور متالوآنزیم‌ها عمل می‌کنند و در تنظیم تعادل اکسیداتیو، سنتز ویتامین‌ها، پروتئین‌ها و عملکرد سلول‌های ایمنی ضروری هستند [۶]. به دلیل غلظت ناکافی مواد معدنی کم مصرف در بیش تر مواد خوراکی مرسوم، افزودن آن‌ها به جیره گاوهای شیری به منظور بهینه‌سازی سلامت و عملکرد توصیه می‌شود [۱۴]. شکل غیرآلی مواد معدنی کم مصرف، ارزان قیمت بوده و به فراوانی در دسترس هستند. پیوند یونی در منابع غیرآلی در دستگاه گوارش یونیزه می‌شود و با برهم‌کنش با مولکول‌های دیگر، زیست‌فراهمی مواد معدنی کم مصرف را کاهش می‌دهد [۲۳]. منابع آلی مواد معدنی، کلیت یا کمپلکسی از مواد معدنی با مولکول آلی مانند پپتید، اسیدهای آمینه و پلی ساکارید می‌باشند و جایگزین مناسبی برای منابع غیرآلی هستند [۶]. باور بر این است که پیوندهای کووالانسی و ساختار حلقه مانند شکل‌های آلی مواد معدنی، در برابر اکثر واکنش‌های شیمیایی دستگاه گوارش محافظت می‌شوند و زیست‌فراهمی منابع مذکور را برای جذب در روده افزایش می‌دهند و در نهایت منجر به بهبود سلامت و عملکرد می‌شوند [۲۲].

اثرات مثبت جایگزینی مواد معدنی کم مصرف غیرآلی با شکل آلی آن‌ها در دوره انتقال، گزارش شده است [۲۰]. استفاده از مخلوط روی-متیونین، منگنز-متیونین، مس-لیزین و کبالت-گلوکوهپتونات به جای منبع سولفات آن‌ها، تولید شیر را در اوایل دوره شیردهی افزایش می‌دهد [۱۳]. در مطالعه‌ای، خوراندن پروتئینات روی، مس، منگنز و کبالت نسبت به شکل سولفات این مواد معدنی از پیش از زایش تا ۱۵۶ روز پس از زایش تولید شیر را در گاوهای چند بار زایش تحت تأثیر قرار نداد، اما سبب افزایش ۲/۱ کیلوگرمی تولید شیر در گاوهای یک بار زایش شد [۱۲]. در پژوهش‌های ذکر شده، اثر مخلوطی از عناصر مس، منگنز، روی و کبالت را طی دوره‌های مختلف شیردهی مورد بررسی قرار گرفته است و اثر هر یک از این مواد معدنی به صورت مجزا کم تر مطالعه شده است.

مس اثرات مفیدی بر سیستم ایمنی بدن دارد [۱۴] و از طریق آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و سروپلاسمین در سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن نقش دارد [۷]. آنتاگونیست‌های غذایی نظیر گوگرد، مولیبدن و آهن باعث کاهش زیست‌فراهمی مس و در نتیجه کمبود این عنصر می‌شوند [۲۳]. احتیاجات مس برای نشخوارکنندگان از چهار تا ۲۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک جیره به غلظت آنتاگونیست‌های جیره متغیر است [۲۵]. این مقادیر از میزان توصیه شده که حدود ۱۲ تا ۱۵ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک جیره برای تلیسه‌های ۳۰۰ کیلوگرمی و گاوهای ۶۵۰ کیلوگرمی با تولید ۴۰ کیلوگرم شیر در روز است بالاتر می‌باشد [۱۴]. تغذیه گاوها با کمپلکس آلی مس، روی، منگنز و کبالت در مقایسه با شکل سولفات از ۳۰ روز قبل از زایش تا روز ۳۰ پس از زایش، موجب افزایش مصرف ماده خشک، تولید شیر، ظرفیت فاگوسیتوزی و آنتی‌اکسیدانتی شد [۱۵]. در پژوهش دیگری [۲۱]، میزان مس جیره تلیسه‌ها (از ۶۰ روز قبل تا ۴۹ روز پس از زایش) از هفت به ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم با استفاده از سولفات مس یا پروتئینات مس افزایش داده شد و حیوانات در روز ۳۴ شیردهی تحت چالش داخل پستانی با اشرشیاکلی قرار گرفتند. شمار باکتری شیر در گروه پروتئینات مس در مقایسه با شاهد و گروه سولفات مس کم تر بود. پس از چالش، تولید شیر در گروه تغذیه شده با شکل آلی مس در مقایسه با دیگر گروه‌ها بیش تر بود. امتیاز کلینیکی پستان پس از چالش برای گروه‌های پروتئینات و سولفات مس در مقایسه با شاهد کم تر بود. با توجه به کاهش خوراک مصرفی، تضعیف سیستم ایمنی، بروز ناهنجاری‌های متابولیکی و عفونی و وجود آنتاگونیست‌های مس به ویژه آهن، به نظر می‌رسد افزایش دادن سطح مس در جیره گاوهای دوره انتقال بتواند تولید و سلامت دام را بهبود دهد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر خوراندن سطوح بالاتر مس با منابع متفاوت بر تولید و سلامت، به‌ویژه بروز بیماری ورم پستان، در گاوهای شیری دوره انتقال بود.

۲. مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در یک مزرعه شیری تجاری در قزوین (واحد کشت و صنعت دامپروری مگسال) انجام شد. از تعداد ۱۰۵ رأس گاو هلشتاین چند بار زایش آستن با دوره شیردهی $2/72 \pm 0/21$ ، وزن بدن 678 ± 15 و نمره وضعیت بدنی $3/25 \pm 0/15$ ، تولید شیر دوره شیردهی پیشین $12352 \pm 384/29$ کیلوگرم و طول دوره انتظار زایش $21/05 \pm 0/88$ روز مشابه در ۲۱- روز نسبت به تاریخ زایش موردانتظار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار و ۳۵ تکرار استفاده شد. گاوها براساس نمره وضعیت بدنی، تولید شیر دوره شیردهی پیشین، و دوره شیردهی بلوک‌بندی شدند و به‌طور تصادفی به سه تیمار آزمایشی با منابع متفاوت مس اختصاص یافتند. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- جیره پایه + ۱۸ و ۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم مس در سطح توصیه NRC از منبع سولفات مس به‌ترتیب برای گاوهای انتظار زایش و تازه‌زا (شاهد؛ NRC-S)، ۲- جیره پایه + ۳۶ و ۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم مس در سطح دو برابر توصیه NRC از منبع گلیسینات مس به‌ترتیب برای گاوهای انتظار زایش و تازه‌زا (2NRC-Gly) و ۳- جیره پایه + ۳۶ و ۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم مس در سطح دو برابر توصیه NRC از منبع سولفات مس (2NRC-S) بود. درجه خلوص سولفات مس و گلیسینات مس (Gly Gylstar® Mn-22; Arkop Sp. Z o.o., ul. Kolejowa, Bukowno,) (Poland) به‌ترتیب ۲۳ و ۲۴ درصد بود. گاوها از ۲۱ روز پیش از زایش تا ۱۵ روز پس از زایش جیره‌های آزمایشی را دریافت کردند. جیره‌های انتظار زایش و تازه‌زا براساس مواد مغذی توصیه‌شده [۱۴] برای گاو هلشتاین تنظیم شدند (جدول‌های ۱ و ۲).

جدول ۱. اجزای تشکیل‌دهنده جیره‌های آزمایشی (براساس درصد ماده خشک)

تازه‌زا	انتظار زایش	مواد خوراکی
۲۳/۶۱	۲۳/۱۶	علف خشک یونجه
۱۴/۳۳	۲۶/۸۶	سیلاژ ذرت
۱/۰۰	۳/۲۸	کاه گندم
۱۳/۳۸	۱۹/۳۲	دانه جو آسیاب شده
۲۰/۰۹	۸/۹۸	دانه ذرت آسیاب شده
۱/۶۵	۰/۰۰	نمک‌های کلسیمی اسید چرب
۳/۰۸	۲/۶۹	کنجاله کلزا
۱/۹۷	۰/۶۳	کنجاله گلوتن ذرت
۲/۷۳	۲/۰۰	تخم پنبه کامل
۸/۳۷	۵/۷۶	کنجاله سویا
۲/۲۲	۰/۸۹	دانه سویا حرارت داده‌شده
۱/۴۳	۰/۶۶	پودر ماهی
۲/۳۴	۰/۴۷	پودر گوشت
۰/۰۰	۰/۸۴	سبوس گندم
۰/۶۵	۰/۷۳	کربنات کلسیم
۰/۳۸	۰/۰۰	نمک
۰/۸۷	۰/۰۰	بی‌کربنات سدیم
۰/۰۵	۰/۰۰	اوره
۰/۹۸	۰/۹۸	مکمل معدنی-ویتامینی ^۱
۰/۰۰	۰/۷۸	کلرید کلسیم
۰/۰۰	۰/۹۳	سولفات منیزیم
۰/۵۴	۰/۹۸	مکمل دوره انتقال ^۲
۰/۳۳	۰/۰۶	اکسید منیزیم

۱. هر کیلوگرم مکمل حاوی ۵۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۱۲۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۱۰۰ میلی‌گرم ویتامین H₂، ۱۵۰۰ میلی‌گرم مونتسین، ۱۶۰۰۰۰ میلی‌گرم کلسیم، ۳۰۰۰۰ میلی‌گرم فسفر، ۴۰۰۰۰ میلی‌گرم منیزیم، ۵۶۵۰ میلی‌گرم منگنز معدنی، ۱۴۵۰ میلی‌گرم منگنز آلی، ۶۸۰۰ میلی‌گرم روی معدنی، ۱۷۰۰ میلی‌گرم روی آلی، ۱۸۰۰ میلی‌گرم مس معدنی، ۴۱۰ میلی‌گرم مس آلی، ۱۰۰ میلی‌گرم کبالت، ۳۲ میلی‌گرم سلنیوم معدنی، ۸ میلی‌گرم سلنیوم آلی، ۱۰۰ میلی‌گرم ید.
 ۲. هر کیلوگرم مکمل حاوی ۱۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۸۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۱۲۰۰۰ میلی‌گرم نیاسین، ۶۰۰۰۰ میلی‌گرم کولین، ۳۵ میلی‌گرم کروم آلی، ۱۰۰۰۰۰ میلی‌گرم کربنات کلسیم، ۱۰۰۰ گرم آنتی‌اکسیدانت.

جدول ۲. ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی (براساس درصد ماده خشک یا واحد بیان شده)

جیره‌های آزمایشی		مواد مغذی
تازه‌زا	انتظار زایش	
۱/۷۰	۱/۶۰	انرژی خالص شیردهی (مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک)
۱۷/۰۰	۱۳/۸۰	پروتئین خام
۲۸/۱	۳۴/۴	الیاف نامحلول در شوینده خنثی
۱۸/۵	۲۲/۳	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی
۴۲/۷	۴۱/۹	کربوهیدرات غیر الیافی
۵/۱	۳/۰	عصاره اتری
۲۳۱	-۳۳	تفاوت کاتیون-آنیون جیره (میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم ماده خشک)
۱/۴	۱/۲	کلسیم
۰/۶	۰/۴	فسفر
۰/۴۴	۰/۳۷	منیزیم
۰/۴۶	۰/۶۴	کلر
۱/۲۴	۱/۳۰	پتاسیم
۰/۴۳	۰/۳	سدیم
۰/۲۳	۰/۳۲	گوگرد
۱/۱۹	۱/۲۰	کیالت (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۲۸/۹۰	۲۸/۸۶	مس (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۱/۰۹	۱/۰۱	ید (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۱۷۶/۲۹	۱۴۲/۵۳	آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۱۰۰/۵۷	۱۰۵/۰۹	منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۰/۵۷	۰/۵۴	سلنیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۱۱۶/۲۵	۱۱۴/۱۸	روی (میلی‌گرم در کیلوگرم)

۱. مجموع مس تأمین‌شده از طریق مواد خوراکی و سولفات مس در سطح توصیه‌شده (NRC 2001).

گاوها روزانه دو بار (ساعت ۰۹:۰۰ و ۱۵:۰۰) با جیره انتظار زایش در حد اشتها برای دستیابی به پنج تا ۱۰ درصد بقایا به‌صورت گروهی تغذیه شدند. با ظهور نشانه‌های اولیه زایش، حیوانات به زایشگاه منتقل شدند و وزن گوساله و تولید آغوز در اولین دوشش ثبت شدند. امتیاز سخت‌زایی با استفاده از مقیاس پنج امتیازی (۱: بدون مشکل زایش، ۲: مشکل جزئی، ۳: نیاز به کمک، ۴: کمک قابل‌ملاحظه و ۵: سزارین) تعیین شد [۱۷]. پس از آن، گاوها تا ۱۵ روز پس از زایش در سه جایگاه گاو تازه‌زا با دسترسی آزاد به آب نگهداری شدند. گاوهای تازه‌زا در حد اشتها روزانه سه بار (ساعت ۰۷:۰۰، ۱۵:۰۰ و ۲۳:۰۰) با جیره کاملاً مخلوط به‌صورت گروهی تغذیه شدند. شیردوشی سه بار در روز (ساعت ۰۶:۰۰، ۱۴:۰۰ و ۲۲:۰۰) انجام شد.

نمونه‌برداری از خوراک به‌صورت هفتگی انجام شد و نمونه‌ها در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نمونه‌های خوراک پس از یخ‌گشایی، در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شدند [۱]. غلظت مس نمونه خوراک توسط روش جذب اتمی اندازه‌گیری شد. تولید شیر در هر شیردوشی در روزهای ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ شیردهی ثبت و نمونه‌گیری از شیر انجام شد. میزان چربی، پروتئین، لاکتوز، استون، اسیدهای چرب غیراستریفیه، بتا‌هیدروکسی بوتیریک اسید و شمار سلول‌های بدنی در نمونه‌های شیر با استفاده از میکواسکن (Combi Scope-600Hp) اندازه‌گیری شد.

گاوها در ۲۱-، ۳-، صفر و ۱۵ روز نسبت به زایش وزن‌کشی شدند و تغییرات وزن بدن به‌صورت اختلاف وزن بدن

پیش از زایش (روز ۳-) و وزن بدن در روز شروع آزمایش و اختلاف وزن بدن در روز ۱۵ پس از زایش و وزن بدن روز زایش محاسبه شد. گاوها برای نمره وضعیت بدنی توسط دو فرد مجرب در ۲۱-، ۳-، صفر و ۱۵ نسبت به زایش امتیازدهی شدند [۳] و از میانگین نمره وضعیت بدنی برای تجزیه داده‌ها استفاده شد. تغییرات نمره وضعیت بدنی به‌صورت اختلاف نمره وضعیت بدنی پیش از زایش (روز ۳-) و روز شروع آزمایش و روز ۱۵ پس از زایش و روز زایش محاسبه شد.

یک زیرنمونه ۳۶ تایی از کل گاوهای ثبت شده در آزمایش (اولین ۱۲ گاو وارد شده به هر تیمار) خون‌گیری شدند. نمونه خون چهار ساعت پس از خوراک‌دهی صبح و از ورید دمی در روزهای ۲۱-، ۷-، صفر، ۳+، ۷+، ۱۴+ نسبت به تاریخ زایش موردانتظار با استفاده از لوله‌های تحت خلأ بدون ماده ضدانعقاد (Vacumed® no additive, FL medical, Italy) گرفته شد. نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۲۵۰۰rpm سانتریفیوژ شدند و سرم آن‌ها جهت اندازه‌گیری پارامترهای بیوشیمیایی جدا و در ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شدند. غلظت‌های گلوکز، آلبومین، آسپارات آمینوترانسفراز و گاما-گلوتامیل ترانسفراز با استفاده از کیت‌های تجاری پارس آزمون (Pars Azmoon Laboratory, Tehran, Iran) و اسپکتروفتومتر (UNICCO, 2100, Zistchemi Co., Tehran, Iran) اندازه‌گیری شدند.

بروز متریت (وجود ترشحات آبکی، قرمز-قهوه‌ای بوی بد واژن و دمای بالای ۳۹/۵ درجه رکتوم در اولین هفته پس از زایش)، اندومتريت (وجود ترشحات چرکی یا موکوزی چرکی در واژن، ۲۵ روز پس از زایش) و جفت‌ماندگی (عدم خروج جفت تا ۱۲ ساعت پس از زایش) ثبت شد. ورم پستان تحت بالینی به‌صورت شمار سلول‌های بدنی بیش از ۲۰۰,۰۰۰ سلول در هر میلی‌لیتر شیر در نظر گرفته شد و بهبود ورم پستان تحت بالینی (با کم‌تر از ۲۰۰,۰۰۰ سلول در هر میلی‌لیتر شیر) در اولین شیردوشی پس از تشخیص تعریف شد. ورم پستان بالینی با ارزیابی چشمی شیر توسط کارکنان مزرعه در هر بار دوشش مورد آزمایش قرار گرفت. گاوها با ورم پستان بالینی دارای علائم دل‌مه‌شدن، لخته‌شدن و سرور در شیر مستقل از بیماری‌های سیستمیک و نشانه‌های التهاب تشخیص بودند و ورم پستان بالینی مزمن به‌صورت گاوها با سه مورد یا بیش‌تر ورم پستان بالینی ثبت‌شده مشخص شدند. هم‌چنین، وضعیت بالینی کارتی‌ها در یک مقیاس پنج امتیازی (۱- شیر و کارتی‌ه هردو سالم، ۲- کارتی‌ه سالم اما شیر مشکوک، ۳- کارتی‌ه سالم اما شیر غیرطبیعی، ۴- کارتی‌ه متورم و شیر غیرطبیعی، ۵- کارتی‌ه متورم، شیر غیرطبیعی همراه با نشانه‌های سیستمیک عفونت) ارزیابی شد [۹]. داده‌های تکرار شده در زمان از قبیل تولید شیر و ترکیبات آن و متابولیت‌های خونی (گلوکز، آلبومین، AST و GGT) با رویه Mixed، نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) برای مدل (۱) تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی و در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند.

$$Y_{ijkl} = \mu + \text{Treat}_i + \text{Time}_j + (\text{Treat} \times \text{Time})_{ij} + \text{Cow (block)}_{ijk} + e_{ijkl} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در این رابطه، Y_{ijkl} ، متغیر وابسته؛ μ ، میانگین کل مشاهدات؛ Treat_i ، اثر تیمارهای آزمایشی؛ Time_j ، اثر زمان؛ $(\text{Treat} \times \text{Time})_{ij}$ ، اثر متقابل تیمار × زمان؛ Cow (block)_{ijk} ، اثر تصادفی گاو در بلوک و e_{ijkl} ، اشتباه آزمایشی است. داده‌های بدون تکرار (تغییرات وزن بدن و نمره وضعیت بدنی، امتیاز سخت‌زایی و امتیاز ورم پستان) با همان مدل با حذف اثر زمان و اثر متقابل تیمار × زمان تجزیه شدند. داده‌های ناهنجاری‌ها (متریت، اندومتريت، جفت‌ماندگی و ورم پستان) توسط رگرسیون لجستیک با استفاده از رویه GLIMMIX نرم‌افزار SAS تجزیه شدند.

۳. نتایج و بحث

داده‌های تولید و ترکیب شیر در جدول (۳) ارائه شده‌اند. تولید شیر تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت، اما زمان

($P < 0.05$) و اثر متقابل تیمار \times زمان تولید شیر را تحت تأثیر قرار داد ($P < 0.05$). اثر متقابل تیمار \times زمان نشان داد که گاوهای 2NRC-Gly تولید شیر بیش‌تری در روز ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ شیردهی در مقایسه با گروه NRC-S داشتند ($P < 0.05$; شکل ۱)؛ درحالی‌که تولید شیر در گاوهای 2NRC-S در مقایسه با گروه NRC-S در روز ۹۰ و ۱۲۰ شیردهی بیش‌تر بود ($P < 0.05$; شکل ۱).

جدول ۳۰. اثر منبع و سطح مس جیره بر تولید و ترکیبات شیر و امتیاز بالینی کارتیبه در گاوهای هلشتاین طی دوره انتقال

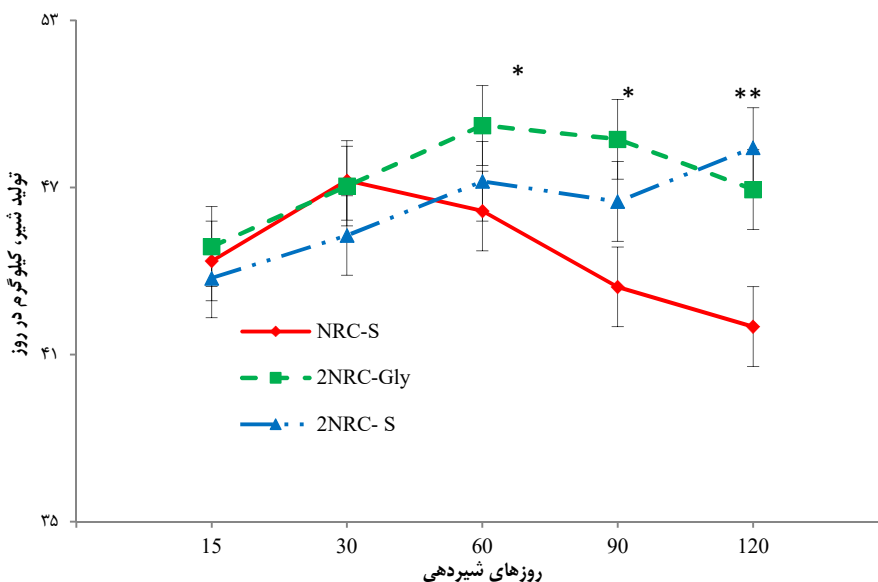
سطح معنی‌داری			تیمارهای آزمایشی				صفات
تیمار در روز	روز	تیمار	SEM	2NRC-S	2NRC-Gly	NRC-S	
-/۰.۱	۰/۰.۱	۰/۱.۱	۱/۳.۰	۴۶/۲۳	۴۷/۳۶	۴۴/۶۲	تولید شیر (کیلوگرم در روز)
-/۰.۱	۰/۰.۱	۰/۰.۲	۰/۱.۵	۳/۳۳	۳/۲۷	۳/۳۶	چربی شیر (درصد)
-/۰.۱	۰/۰.۱	۰/۰.۷	۰/۱.۱	۱/۵۴	۱/۵۳	۱/۴۹	چربی شیر (کیلوگرم در روز)
-/۰.۱	۰/۰.۱	۰/۰.۲۷	۰/۰.۴	۳/۱۰	۳/۱۳	۳/۰.۷	پروتئین شیر (درصد)
-/۰.۱	۰/۰.۱	۰/۰.۳	۰/۰.۳	۱/۴۳ ^{ab}	۱/۴۷ ^a	۱/۳۶ ^b	پروتئین شیر (کیلوگرم در روز)
-/۱.۶	۰/۰.۲	۰/۰.۱	۰/۰.۴۱	۱/۹۷ ^{ab}	۱/۸۴ ^b	۲/۰.۷ ^a	شمار سلول‌های بدنی (لگاریتم بر مبنای ۱۰ در هر میلی‌لیتر)
-	-	۰/۰.۲	۰/۱.۵	۱/۱۹ ^{ab}	۱/۱۰ ^b	۱/۵۷ ^a	امتیاز بالینی کارتیبه
-	-	۰/۱.۹	۹۵/۵	۷۰۳/۷۷	۷۰۹/۳۰	۸۷۵/۱۱	اسیدهای چرب غیر استریفیه (میلی‌اکی‌ولان در لیتر)
-	-	۰/۰.۳	۰/۰.۲۳	۰/۲۲ ^b	۰/۲۱ ^b	۰/۲۸ ^a	استون (میلی‌مول در لیتر)
-	-	۰/۰.۲	۰/۰.۱۳	۰/۰.۹ ^b	۰/۱.۰ ^b	۰/۱.۵ ^a	بتا هیدروکسی بوتیرات (میلی‌مول در لیتر)

NRC-S: جیره حاوی مس در سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس، 2NRC-Gly: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از گلیسینات مس،

2NRC-S: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس.

SEM، خطای استاندارد میانگین‌ها

a-b: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P \leq 0.05$).

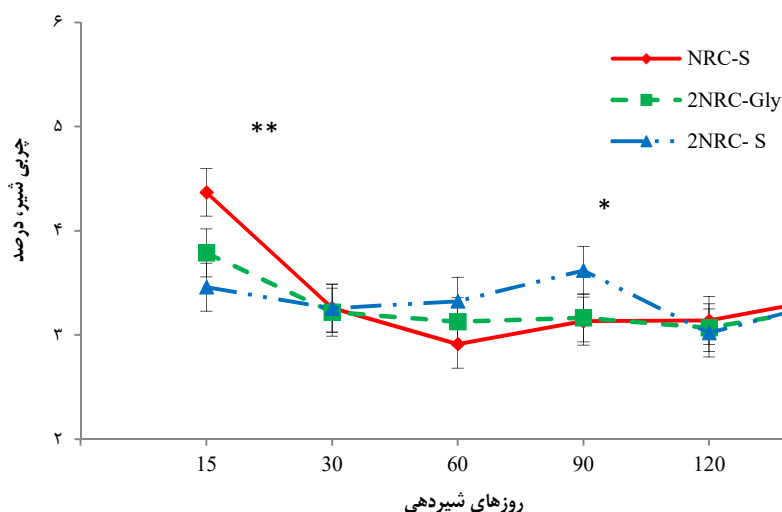


شکل ۱. اثر منبع و سطح مس جیره بر تولید شیر گاوهای شیری هلشتاین. NRC-S: جیره حاوی مس در سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس، 2NRC-Gly: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از گلیسینات مس، 2NRC-S: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس. اختلاف معنی‌دار تیمار در زمان با علامت * نشان داده شده است ($P < 0.05$).

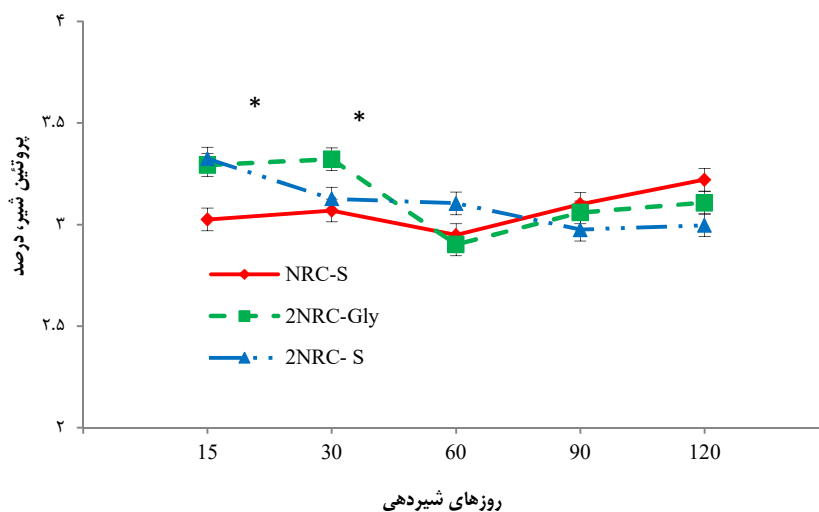
در پژوهشی با تغذیه شکل سولفات مس، روی، منگنز و کبالت در مقایسه با شکل کمپلکس این مواد معدنی (اویلافور) از ۳۰ روز پیش تا روز ۳۰ پس از زایش، گزارش شد که استفاده از شکل آلی مواد معدنی تولید شیر را ۳/۳ کیلوگرم در روز افزایش می‌دهد [۱۵]. در مطالعه دیگری نیز مشاهده شد که تولید شیر در گاوهای تغذیه‌شده با پروتئینات روی، مس، منگنز افزایش یافت [۱۰]. همسو با نتایج این آزمایش، گزارش شده است که افزودن کمپلکس روی، مس، منگنز و کبالت (اویلافور) باعث افزایش تولید شیر در حدود یک کیلوگرم در روز شد [۱۹]. اما، سایر پژوهش‌گران تفاوتی در تولید شیر با افزودن روی-متیونین یا کمپلکس روی، مس، منگنز و کبالت (اویلافور) به جیره گاوها مشاهده نکردند [۲ و ۲۴]. در پژوهش دیگری مس جیره تلیسه‌ها (از ۶۰ روز پیش تا ۴۹ روز پس از زایش) از هفت به ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم توسط سولفات مس یا پروتئینات مس افزایش داده شد و دام‌ها در روز ۳۴ شیردهی تحت چالش داخل پستانی با اشرشیاکلی قرار گرفتند. پس از چالش، تولید شیر برای هر سه گروه کاهش یافت، اما تلیسه‌های تغذیه‌شده با پروتئینات مس در روزهای سه تا شش پس از چالش تولید شیر بیشتری در مقایسه با دو گروه دیگر داشتند [۲۱].

تفاوتی در درصد و مقدار چربی و درصد پروتئین شیر بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد (جدول ۳)، اما فراسنجه‌های مذکور تحت تأثیر زمان و اثر متقابل تیمار× زمان قرار گرفتند ($P < 0.05$). در روز ۱۵ شیردهی گاوهای گروه NRC-S درصد چربی شیر بیشتری نسبت به گاوهای گروه 2NRC-Gly و 2NRC-S داشتند ($P < 0.05$; شکل ۲). در حالی که در روز ۹۰ شیردهی درصد چربی شیر گاوهای 2NRC-S در مقایسه با گاوهای گروه NRC-S و 2NRC-Gly بیشتر بود ($P < 0.05$; شکل ۲).

در روز ۱۵ شیردهی گاوهای گروه 2NRC-Gly و 2NRC-S در مقایسه با گروه NRC-S درصد پروتئین شیر بیشتری داشتند ($P < 0.05$; شکل ۳) و درصد پروتئین شیر در روز ۳۰ شیردهی در گاوهای 2NRC-Gly در مقایسه با گاوهای 2NRC-S و NRC-S بیشتر بود ($P < 0.05$; شکل ۳). از سوی دیگر، مقدار پروتئین شیر گاوهای 2NRC-Gly در مقایسه با گروه NRC-S بیشتر بود ($P < 0.05$).



شکل ۲. اثر منبع و سطح مس جیره بر درصد چربی شیر گاوهای شیری هلستاین. NRC-S: جیره حاوی مس در سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس، 2NRC-Gly: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از گلیسینات مس، 2NRC-S: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس. اختلاف معنی‌دار تیمار در زمان با علامت * نشان داده شده است ($P < 0.05$).



شکل ۳. اثر منبع و سطح مس جیره بر درصد پروتئین شیر گاوهای هلستاین. NRC-S: جیره حاوی مس در سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس، 2NRC-Gly: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از گلیسینات مس، 2NRC-S: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس. اختلاف معنی‌دار تیمار در زمان با علامت * نشان داده شده است ($P < 0.05$).

گزارش شده است که افزودن کمپلکس روی، مس، منگنز و کبالت (اوبیلافور) به جیره گاوها اثری بر درصد چربی و پروتئین شیر ندارد، اما مقدار پروتئین شیر به میزان 0.03 کیلوگرم در روز در گاوهایی که شکل آلی مواد معدنی کم‌مصرف را دریافت می‌کنند افزایش یافته است [۱۹]. همچنین، گزارش شده است که خوراندن کمپلکس روی، مس، منگنز و کبالت (اوبیلافور) در مقایسه با شکل سولفات از -30 تا $+30$ نسبت به زمان زایش، درصد چربی و پروتئین شیر را در گاوهای تازه‌زا تحت تأثیر قرار نمی‌دهد، اما مقدار پروتئین شیر را افزایش می‌دهد [۱۵].

براساس جدول (۳)، شمار سلول‌های بدنی و امتیاز بالینی کارتیبه در گاوهای گروه 2NRC-Gly در مقایسه با NRC-S کم‌تر بود ($P < 0.05$)، اما تفاوتی گاوهای گروه 2NRC-Gly و 2NRC-S وجود نداشت. فراهم‌نمودن مواد معدنی کافی یک راه‌کار بالقوه برای کاهش اثرات منفی SCC بالا است، زیرا مواد معدنی کم‌مصرف برای پاسخ ایمنی مناسب حیاتی هستند و نقش مهمی در سلامت پستان ایفا می‌کنند [۵]. در پژوهشی، تغذیه تلیسه‌های شیری تحت چالش درون پستانی با اشرشیاکلی با جیره‌های دوره انتقال حاوی مس منجر به کاهش تعداد باکتری و SCC شیر در مقایسه با گروه شاهد شد [۱۹]. تزریق مخلوطی از روی، مس، منگنز و سلنیوم در روزهای ۲۳۰ و ۲۶۰ آبستنی و در روز ۳۵ شیردهی، بروز ورم پستان بالینی و SCC را در گاوهای چند بار زایش کاهش داد [۱۱]. پژوهش‌گران مذکور توصیه کردند که تعیین حداکثر مواد معدنی کم‌مصرف موردنیاز در گاوهای با SCC بالا و یا میزان افزایش غلظت مواد معدنی کم‌مصرف که باعث کاهش SCC شود، اطلاعات ارزشمندی برای درمان ورم پستان تحت بالینی فراهم خواهد کرد. مواد معدنی کم‌مصرف اهمیت زیادی در سیستم ایمنی بدن و سلامت پستان دارند [۱۶]. گزارش شده است گاوهای چند بار زایشی که مواد معدنی کم‌مصرف تزریقی حاوی سلنیوم، مس، روی و منگنز را دریافت کردند در خطر کم‌تری برای ابتلا به ورم پستان بالینی طی دوره خشکی نسبت به گروه شاهد بودند [۱۱]. افزودن مس به جیره تلیسه‌ها از $6/5$ به 20 میلی‌گرم در کیلوگرم از ۶۰ روز پیش تا ۴۲ روز پس از زایش شدت و بروز عفونت‌های پستانی را در پاسخ به ورم پستان القاشده توسط اندوتوکسین [۸] یا اشرشیاکلی

کاهش داد [۲۱]. در مقابل، تزریق زیرجلدی مخلوطی از روی، مس، منگنز و سلنیوم به گاوها با SCC بالا تأثیری بر تولید شیر، چربی شیر، پروتئین شیر، SCC و میزان ورم پستان بالینی نداشت [۵].

افزایش سطح مس در جیره گاوهای دوره انتقال منجر به کاهش اجسام کتونی شیر شد (جدول ۳)، به طوری که غلظت بتا هیدروکسی بوتیرات و استون شیر در تیمارهای 2NRC-Gly و 2NRC-S در مقایسه با NRC-S کاهش یافت ($P < 0.05$). غلظت اسیدهای چرب غیراستریفیه شیر تحت تأثیر افزایش سطح و منبع مس قرار نگرفت. با توجه به عدم معنی داری اسیدهای چرب غیراستریفیه شیر در بین تیمارها، کاهش اجسام کتونی شیر در تیمارهای 2NRC-Gly و 2NRC-S نسبت به تیمار شاهد موردانتظار نبود، زیرا برخی مطالعات گزارش کردند که افزودن مس منجر به افزایش لیپولیز در گوساله‌های نر اخته می‌شود [۴]. اما، در راستا با نتایج پژوهش حاضر گزارش شده که تزریق زیر پوستی مواد معدنی (مخلوطی از سلنیوم، مس، روی و منگنز) به گاوهای شیری در روزهای ۲۳۰ و ۲۶۰ آبستنی و روز ۳۵ شیردهی منجر به افزایش غلظت سوپراکسیددسموتاز و کاهش غلظت بتا هیدروکسی بوتیرات سرم در گاوهای پس از زایش شد [۱۱]. اگرچه مشخص نیست که چرا افزودن مس منجر به کاهش غلظت اجسام کتونی شده است، اما ثابت شده است که وضعیت اکسیداتیو و وضعیت متابولیکی طی دوره انتقال به هم مرتبط هستند [۱۸]. بنابراین در مطالعه حاضر، بهبود در سلامت پستان با افزودن مس به جیره دوره انتقال ممکن است در نتیجه بهبود وضعیت اکسیداتیو و در نتیجه بهبود شرایط متابولیکی دام باشد.

افزایش مس جیره با منابع متفاوت مس در دوره انتقال، اثری بر تغییرات وزن بدن و نمره وضعیت بدنی پیش و پس از زایش نداشت (جدول ۴). عدم تفاوت در تغییرات وزن بدن و نمره وضعیت بدنی در راستا با عدم تغییرات در غلظت اسیدهای چرب غیراستریفیه شیر بود. پژوهش‌گران دیگر نیز گزارش کردند که افزایش سطح مس جیره توسط منبع سولفات از ۶/۵ به ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از ۶۰ روز پیش تا ۴۲ روز پس از زایش، وزن بدن را پس از چالش درون پستانی با اشرشیاکلی در روز ۳۴ شیردهی تحت تأثیر قرار نداد [۲۰].

غلظت آلبومین سرم پس از زایش در گاوهای 2NRC-Gly نسبت به گروه NRC-S و 2NRC-S بالاتر بود (جدول ۵؛ $P < 0.05$). اثر متقابل تیمار × زمان نشان داد که در روز زایش (روز صفر) گاوهای گروه 2NRC-Gly در مقایسه با گاوهای گروه 2NRC-S و NRC-S غلظت آلبومین بالاتری داشتند ($P = 0.05$). اثر متقابل تیمار × زمان نشان داد که در روز زایش و روز سه شیردهی گاوهای 2NRC-Gly در مقایسه با گاوهای گروه 2NRC-S و NRC-S غلظت‌های آلبومین بالاتری داشتند ($P < 0.05$ ؛ شکل ۴).

جدول ۴. اثر منبع و سطح مس جیره بر تغییرات وزن بدن و نمره وضعیت بدنی گاوهای هلشتاین طی دوره انتقال

سطح معنی‌داری	SEM	تیمارهای آزمایشی			صفات
		2NRC-S	2NRC-Gly	NRC-S	
تیمار					
۰/۳۲	۲/۴۷	۱۴/۱۷	۱۱/۷۵	۱۰/۵۷	تغییرات وزن بدن پیش از زایش (کیلوگرم)
۰/۶۹	۰/۰۴۱	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۰۸	تغییرات نمره وضعیت بدنی پیش از زایش
۰/۳۴	۹/۱۶	-۲۵/۲۹	-۱۹/۹۳	-۳۳/۳۳	تغییرات وزن بدن پس از زایش (کیلوگرم)
۰/۸۸	۰/۰۶۷	-۰/۰۹	-۰/۰۸	-۰/۱۱	تغییرات نمره وضعیت بدنی پس از زایش

NRC-S: جیره حاوی مس در سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس، 2NRC-Gly: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از گلیسینات مس، 2NRC-S: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس. SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

تفاوت وزن بدن و نمره وضعیت بدنی سه روز پیش از زایش (-۳) و شروع آزمایش (-۲۰) تفاوت وزن بدن و نمره وضعیت بدنی پایان آزمایش (+۱۵) و روز زایش (روز صفر)

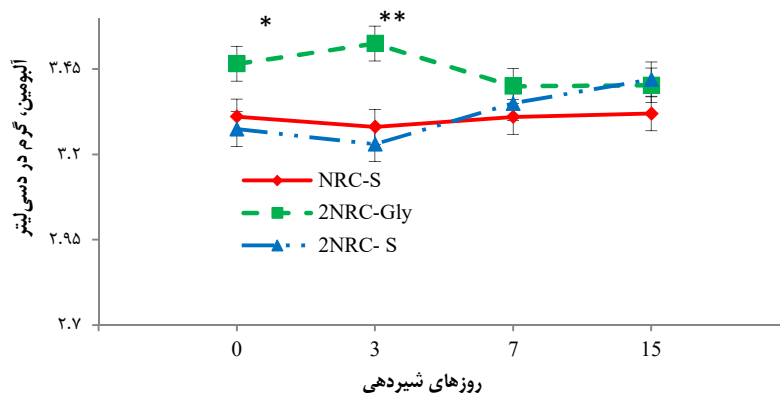
جدول ۵. اثر منبع و سطح مس جیره بر متابولیت‌های خونی پس از زایش گاوهای هلشتاین

صفات	تیمارهای آزمایشی			SEM	سطح معنی‌داری	
	2NRC-S	2NRC-Gly	NRC-S		تیمار	روز
گلوکز (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۶۶/۷۳	۶۷/۸۹	۶۶/۸۱	۱/۷۳	۰/۷۵	۰/۰۱
آلبومین (گرم در دسی‌لیتر)	۳/۳۵ ^b	۳/۵۰ ^a	۳/۳۰ ^b	۰/۰۴۱	۰/۰۱	۰/۰۱
آسپارتات آمینوترانسفراز (واحد در لیتر)	۷۷/۰	۷۶/۸۰	۷۶/۵۰	۰/۵۹	۰/۶۴	۰/۲۴
گاما-گلوتامیل ترانسفراز (واحد در لیتر)	۲۴/۱۹	۲۴/۵۴	۲۵/۲۳	۰/۵۳	۰/۱۴	۰/۰۴

NRC-S: جیره حاوی مس در سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس، 2NRC-Gly: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از گلیسینات مس، 2NRC-S: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس.

SEM، خطای استاندارد میانگین‌ها

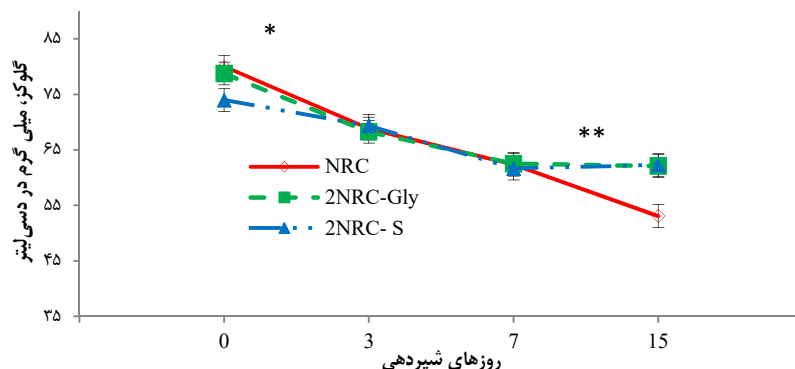
a-b: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P \leq 0.05$).



شکل ۴. اثر منبع و سطح مس جیره بر غلظت آلبومین سرمی گاوهای شیری هلشتاین. NRC-S: جیره حاوی مس در سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس، 2NRC-Gly: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از گلیسینات مس، 2NRC-S: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس. اختلاف معنی‌دار تیمار در زمان با علامت * نشان داده شده است ($P < 0.05$).

غلظت آلبومین خون نشان‌دهنده وضعیت تغذیه‌ای جیره است و غلظت آن در دام بیمار کاهش می‌یابد. در مطالعه حاضر، افزایش آلبومین در گاوهای 2NRC-Gly در مقایسه با 2NRC-S و NRC-S نشان‌دهنده عملکرد بهتر کبد در گاوهای تغذیه‌شده با منبع آلی مس است، زیرا کبد به‌عنوان اندام مرکزی تولید آلبومین است. کاهش آلبومین، با بیماری‌های پس از زایش همراه است و می‌تواند برای پیش‌بینی خطر بیماری در دوره انتظار زایش و تازه‌زا استفاده شود. گاوهای تازه‌زایی که می‌توانند غلظت آلبومین سرم را بالاتر از ۳/۵ گرم در دسی‌لیتر حفظ کنند، احتمال کم‌تری برای داشتن بیماری‌های پس از زایش دارند.

اثر تیمارهای آزمایشی بر غلظت گلوکز سرم پس از زایش معنی‌دار نبود (جدول ۵)؛ اما زمان ($P < 0.05$) و اثر متقابل تیمار × زمان ($P < 0.05$) گلوکز را تحت تأثیر قرارداد. با پیشرفت دوره شیردهی، غلظت گلوکز سرم کاهش یافت. سطوح بالاتر گلوکز در روز زایش نتیجه‌ای از تطابق متابولیکی دوره انتقال جهت تأمین گلوکز برای تولید شیر است. اثر متقابل تیمار × زمان نشان داد (شکل ۵) که در روز زایش گاوها در گروه NRC-S و 2NRC-Gly داری غلظت بالاتری از گلوکز سرم در مقایسه با 2NRC-S بود ($P < 0.05$)؛ درحالی‌که در روز ۱۵ شیردهی، غلظت گلوکز سرم در گاوهای 2NRC-S و 2NRC-Gly در مقایسه با گروه NRC-S بالاتر بود ($P < 0.05$).



شکل ۵. اثر منبع و سطح مس جیره بر غلظت گلوکز سرمی گاوهای شیری هلستاین. NRC-S: جیره حاوی مس در سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس، 2NRC-Gly: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از گلیسینات مس، 2NRC-S: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس. اختلاف معنی‌دار تیمار در زمان با علامت * نشان داده شده است ($P < 0.05$).

آنزیم‌های کبدی تحت تأثیر افزایش مس جیره با منابع متفاوت قرار نگرفت (جدول ۵). آنزیم‌های کبدی به‌عنوان شاخصی از وضعیت سلامت کبد با افزایش سطح مس مورد بررسی قرار گرفتند. آسپاراتات آمینوترانسفراز برای تشخیص میزان آسیب سلول‌های کبدی در حالت‌های بیماری مورد استفاده قرار گرفته است. همسو با یافته‌های پژوهش حاضر، پژوهش‌گران دیگر [۱۵] نیز گزارش کردند که آنزیم‌های کبدی تحت تأثیر منبع و افزودن مواد معدنی کم مصرف قرار نگرفتند. بروز ناهنجاری‌های متابولیکی در جدول (۶) ارائه شده است. به جز ورم پستان تحت بالینی در روز ۱۵ شیردهی دیگر ناهنجاری‌های متابولیکی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند و گاوها در 2NRC-Gly بروز کم‌تری از ورم پستان تحت بالینی در مقایسه با NRC-S و 2NRC-S داشتند (۹/۴ در برابر ۳۶/۴ و ۳۲/۳ درصد)، نتایج حاضر در راستا با کاهش شمار سلول‌های پیکری شیر و احتمالاً بهبود وضعیت ایمنی در این گروه است. افزون بر آن، یک تمایل برای کاهش درصد بروز اندومتريت در گاوهای 2NRC-Gly در مقایسه با NRC-S (۶/۲۵ در برابر ۲۷/۳ درصد) ممکن است در نتیجه بهبود عملکرد سیستم ایمنی در این گروه باشد.

جدول ۶. اثر منبع و سطح مس جیره بر بروز ناهنجاری‌های متابولیکی گاوهای هلستاین طی دوره انتقال (میانگین \pm انحراف استاندارد)

تیمار	تیمارهای آزمایشی			صفات (درصد)
	2NRC-S n=۳۴	2NRC-Gly n=۳۲	NRC-S n=۳۳	
۰/۰۵	^a ۳۲/۳ \pm ۸/۰	^b ۹/۴ \pm ۵/۱	^a ۳۶/۴ \pm ۸/۴	ورم پستان تحت بالینی روز ۱۵ شیردهی
۰/۵۶	۱۱/۷۶ \pm ۵/۵	۹/۳ \pm ۵/۱	۱۸/۲ \pm ۶/۷	ورم پستان تحت بالینی روز ۴۰ شیردهی
۰/۸۹	۸/۸ \pm ۴/۸	۶/۲ \pm ۴/۲	۹/۰۹ \pm ۵/۰	مرتیت
۰/۰۷	۱۱/۷۶ \pm ۵/۵	۶/۲۵ \pm ۴/۳	۲۷/۳ \pm ۷/۷	اندومتريت
۰/۳۷	۲/۹۴ \pm ۲/۹	۶/۲۵ \pm ۴/۳	۱۲/۱۲ \pm ۵/۶	جفت‌ماندگی
۰/۳۱	۱۱/۳۸ \pm ۵/۱	۱۴/۴۸ \pm ۸/۱	۲۵/۳۲ \pm ۱۱/۰۷	ورم پستان بالینی روز زایش
۰/۵۸	۲/۹۲ \pm ۳/۳	۳/۵۳ \pm ۳/۸	۸/۱۴ \pm ۶/۰۴	ورم پستان بالینی روز ۱۵ شیردهی
۰/۸۷	۷/۳ \pm ۴/۸	۷/۶ \pm ۵/۰	۱۰/۳۵ \pm ۵/۱۰	سخت‌زایی
۰/۶	۱/۹۴ \pm ۰/۱۵۲	۱/۷۵ \pm ۰/۱۵۷	۱/۹۳ \pm ۰/۱۵۴	امتیاز سخت‌زایی

NRC-S: جیره حاوی مس در سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس، 2NRC-Gly: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از گلیسینات مس، 2NRC-S: جیره حاوی مس در دو برابر سطح توصیه NRC با استفاده از سولفات مس. تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P \leq 0.05$).

براساس نتایج حاصل، افزودن مس به‌ویژه از منبع گلیسینات مس در سطح دو برابر توصیه NRC منجر به افزایش سطح آلبومین سرم، کاهش شمار سلول‌های بدنی شیر و بروز ورم پستان تحت بالینی شد که می‌تواند نشان‌دهنده بهبود سلامت گاوهای شیری در دوره انتقال باشد.

۴. تشکر و قدردانی

از زحمات پرسنل محترم کشت و صنعت دامپروری مگسال، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۵. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۶. منابع

1. AOAC (1990) Official methods of analysis. 15th ed. Association of official analytical chemists, Arlington, VA.
2. Campbell MH and Miller JK (1998) Effect of supplemental dietary vitamin E and zinc on reproductive performance of dairy cows and heifers fed excess iron. *Journal of Dairy Science*, 81: 2693-99.
3. Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T and G Webster (1989) A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 72: 68-78.
4. Engle TE and Spears GW (2000) Dietary copper effects on lipid metabolism, performance, and ruminal fermentation in finishing steers. *Journal of Animal Science*, 78: 2452-2458.
5. Ganda EK, Bisinotto RS, Vasquez AK, Teixeira AGV, Machado VS, Foditsch C, Bicalho M, Lima FS, Stephens L and Gomes MS (2016) Effects of Injectable Trace Mineral Supplementation in Lactating Dairy Cows with Elevated Somatic Cell Counts. *Journal of Dairy Science*, 99: 7319-29.
6. Goff JP (2018) Invited review: Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid-base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. *Journal of Dairy Science*, 101: 2763-2813.
7. Halliwell B and Gutteridge JNC (1999) Mechanism of Damage of Cellular Targets by Oxidative Stress: Lipid Peroxidation. *Free radicals in biology and medicine*, 284: 313.
8. Harmon RJ (1994) Physiology of mastitis and factors affecting somatic cell counts. *Journal of Dairy Science*, 77: 2103-2112.
9. Hogan J, Weiss W, Smith K, Todhunter D and Schoenberger D (1995) Effects of an *Escherichia coli* J5 vaccine on mild clinical coliform mastitis. *Journal of Dairy Science*, 78: 285-290.
10. Kinal S, Korniewicz A, Slupczynska M, Bodarski R, Korniewicz D and Cermak B (2007) Effect of the application of bioplexes of zinc, copper and manganese on milk quality and composition of milk and colostrum and some indices of the blood metabolic profile of cows. *Czech Journal of Animal Science*, 52: 423.
11. Machado VS, Oikonomou G, Lima SF, Bicalho MLS, Kacar C, Foditsch C, Felipe MJ, Gilbert RO and Bicalho RC (2014) The effect of injectable trace minerals (selenium, copper, zinc, and manganese) on peripheral blood leukocyte activity and serum superoxide dismutase activity of lactating Holstein cows. *The Veterinary Journal*, 200:299-304.
12. Mion B, Van Winters B, King K, Spricigo JF, Ogilvie L, Guan L, DeVries TJ, McBride BW, LeBlanc SJ, Steele MA and Ribeiro ES (2022) Effects of replacing inorganic salts of trace minerals with organic trace minerals in pre-and postpartum diets on feeding behavior, rumen fermentation, and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 105: 6693-6709.

13. Nocek JE, Socha MT and Tomlinson DJ (2006) The effect of trace mineral fortification level and source on performance of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 89: 2679-93.
14. NRC (2001) *Nutrient Requirements for Dairy Cattle*. 7th rev. ed. National Academy Press. Washington, DC, USA.
15. Osorio JS, Trevisi E, Li C, Drackley JK, Socha MT and Looor JJ (2016) Supplementing Zn, Mn, and Cu from amino acid complexes and Co from cobalt glucoheptonate during the peripartal period benefits postpartal cow performance and blood neutrophil function. *Journal of Dairy Science*, 99: 1868-1883.
16. Overton TR and Yasui T (2014) Practical applications of trace minerals for dairy cattle. *Journal of Animal Science*, 92: 416-426.
17. Park AF, Shirley JE, Titgemeyer EC, Meyer MJ, VanBaale MJ and VandeHaar MJ (2002) Effect of protein level in prepartum diets on metabolism and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85: 1815-1828.
18. Pedernera M, Celi P, García SC, Salvin HE, Barchia I and Fulkerson WJ (2010) Effect of diet, energy balance and milk production on oxidative stress in early-lactating dairy cows grazing pasture. *The Veterinary Journal*, 186: 352-357.
19. Rabiee AR, Lean IJ, Stevenson MA and Socha MT (2010) Effects of feeding organic trace minerals on milk production and reproductive performance in lactating dairy cows: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science* 93: 4239-4251.
20. Scaletti RW and Harmon RJ (2012) Effect of Dietary Copper Source on Response to Coliform Mastitis in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 95: 62-654.
21. Scaletti RW, Trammell DS, Smith BA and Harmon RJ (2003) Role of dietary copper in enhancing resistance to *Escherichia coli* mastitis. *Journal of Dairy Science*, 86: 1240-1249.
22. Spears JW and Weiss WP (2008) Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *The Veterinary Journal*, 176: 70-76.
23. Spears JW (2003) Trace mineral bioavailability in ruminants. *The Journal of Nutrition*, 133: 1506S-1509S.
24. Uchida K, Mandebvu P, Ballard CS, Sniffen CJ and Carter MP (2001) Effect of feeding a combination of zinc, manganese and copper amino acid complexes, and cobalt glucoheptonate on performance of early lactation high producing dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 93: 193-203.
25. Underwood Ej and Suttle NF (1999) *The mineral nutrition of livestock*. 3rd Edition. CABI publishing, New York, pp: 283-342.