دامستیک؛ دوره ۲۵، شماره ۳ (شماره ۳۴ پیاپی): ۴۷-۳۹

نشریهٔ علمی- ترویجی (حرفه‌ای)

دامِستیک

انجمن علمی- دانشجویی گروه مهندسی علوم دامی دانشگاه تهران؛ پاییز ۱۴۰۴

https://domesticsj.ut.ac.ir/article_107005.html

مقاله علمی- ترویجی

نقش کلیدی منیزیم در تغذیه و سلامت گاوها

آیدا تیموری[1*] و محمد اسدی[2]

[1] دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، گلستان، ایران

[2] دانش‌آموخته دکتری تخصصی گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، گلستان، ایران

https://doi.org/10.22059/domesticsj.2025.395526.1194

چکیده

با وجود این که مواد معدنی سهم بسیار کوچکی در جیرهٔ نشخوارکنندگان دارند، امّا به دلیل داشتن وظایف مختلف در متابولیسم حیاتی بدن، از اهمیت ویژه‌ای در تغذیه دام برخوردار هستند. مواد معدنی، که در سطوح فراتغذیه‌ای به دام خورانده می‌شوند، از مهمترین بهبوددهنده‌های متابولیکی می‌باشند. بدین ترتیب، مواد معدنی سبب افزایش نرخ رشد، بهبود بازده خوراک، افزایش تولید گوشت و شیر، کاهش چربی لاشه و بهبود عملکرد تولیدمثلی می‌شوند. کمبود مواد معدنی با تأثیرات منفی بر متابولیسم بدن دام باعث بروز بیماری، تضعیف سیستم ایمنی، کاهش رشد، تولید و بهره‌وری دام‌ها می‌شود. منیزیم، کاتیونی درون سلولی است که در بسیاری از فرآیندهای بیوشیمیایی از جمله فعال‌سازی فسفات‌ها و متابولیسم کربوهیدرات‌ها نقش دارد. همچنین عملکرد منیزیم و ارتباط نزدیک آن با کلسیم و فسفر برای جلوگیری از کزاز علفی و تب شیر در گاوهای شیری حائز اهمیت است. با توجه به نقش منیزیم در تغذیهٔ نشخوارکنندگان، مطالعهٔ حاضر به مرور اهمیت منیزیم در تغذیه گاوها می‌پردازد.

کلمات کلیدی: تب شیر، گاو گوشتی، گاو شیری، منیزیم، هیپومنیزیمی

***نویسنده مسئول:** teymouriayda2000@gmail.com

بخش: تغذیه دام **دبیر تخصصی:** دکتر پروین شورنگ

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۸ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۴/۰۴/۱۹ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۴/۲۹ **تاریخ انتشار آنلاین:** ۱۴۰۴/۰۹/۱۹

رفرنس‌دهی: تیموری، آ.، اسدی، م. نقش کلیدی منیزیم در تغذیه و سلامت گاوها. *علمی- ترویجی (حرفه‌ای) دامِستیک*، ۱۴۰۴؛ ۲۵(۳): ۴۷-۳۹.

مقدمه

با وجود این که مواد معدنی بخش کوچکی از جیره‌های خوراکی می‌باشند، امّا برای رشد کافی، بهره‌وری و سلامت تمام حیوانات ضروری هستند و در متابولیسم حیاتی، اعمال آنزیمی و سلولی شرکت می‌کنند (ابراهیمی مرزی‌کلا و همکاران، ۱۴۰۲). کاهش و یا کمبود مواد معدنی می‌تواند سبب کاهش اشتها، عملکرد، ضعف، تشنج، بیماری و حتی مرگ شود (Suttle, 2010). عوامل زیادی از جمله گونه، سن، مرحله فیزیولوژیکی و عملکرد (میانگین افزایش وزن روزانه، تولید شیر، ضریب تبدیل خوراک و غیره)، می‌توانند بر نیازهای مواد معدنی دام تأثیر بگذارند (Pinotti *et al*., 2021). مواد معدنی ضروری براساس مقدار نیاز بدن به دو بخش پُر نیاز (Macrominerals) و کم نیاز (Microminerals) تقسیم شده است که عناصر پُر نیاز از کلسیم، فسفر، منیزیم، گوگرد، پتاسیم، سدیم و کلر و عناصر کم نیاز از مس، آهن، روی، سلنیوم، کروم، ید، منگنز، فلوراید و مولبیدن متشکل می‌باشند (McDowell, 2005). از بین عناصر ضروری، منیزیم، از نظر تغذیه‌ای از عناصر کلیدی می‌باشد که در فعالیت‌های سلولی متعددی نقش دارد (Goff, 2014).

منیزیم

منیزیم (Mg) از لحاظ فراوانی، هشتمین عنصر روی زمین بوده و به عنوان یک ماده مغذی ضروری در سال ۱۹۲۵ شناخته شده است (Ayyaswamy, 2023). منیزیم یک کاتیون اصلی درون سلولی است و معمول‌ترین فعال‌کنندهٔ آنزیم می‌باشد (McDonald *et al*., 2011). منیزیم بر فعالیت بیش از ۳۰۰ آنزیم سلولی که در متابولیسم انرژی، سنتز پروتئین، رشد و تکثیر سلولی، سنتز DNA و RNA و تثبیت غشای میتوکندری نقش دارند، تأثیر می‌گذارد (Schonewille and Beynen, 2005). منیزیم نقش ضروری در فعال‌سازی پیروات کربوکسیلاز، پیروات اکسیداز و واکنش‌های چرخهٔ کربس دارد و جهت متابولیسم کارآمد کربوهیدات‌ها و لیپیدها ضروری می‌باشد (McDowell, 2005). منیزیم برای ترشح هورمون پاراتیروئید (PTH) و حساسیت گیرنده‌های آن نیز اهمیت دارد (Gasmi *et al*., 2023). منیزیم در هموستاز کلسیم و فسفر نیز نقش دارد (NASEM, 2021). علاوه بر این، منیزیم در هماهنگی با یون‌های کلسیم (Ca) برای عملکرد مناسب عضلات قلبی و اسکلتی ضرورت داشته و همراه با کلسیم برای انتقال سیگنال‌ها توسط سیستم عصبی نیز اهمیت دارد (Bjørklund *et al*., 2022). همچنین، منیزیم در متابولیسم ویتامین D حائز اهمیت می‌باشد و کمبود آن منجر به کاهش سنتز و/یا اختلال در پاسخ اندام هدف به ۱،۲۵-دی هیدروکسی ویتامین D می‌گردد (Erem *et al*., 2019).

مقدار منیزیم در بدن و توزیع آن بین بافت‌ها

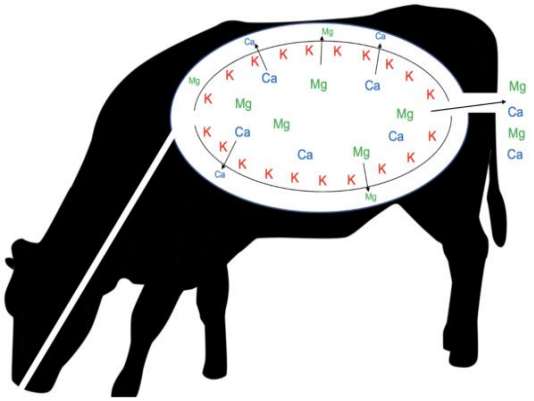
مقدار کل منیزیم بدن در گاو حدود ۰/۴۵ گرم بر کیلوگرم است؛ بنابراین، می‌توان تخمین زد که یک گاو شیری بالغ با وزن زنده ۶۵۰ کیلوگرم، حاوی حدود ۲۹۰ گرم منیزیم می‌باشد. حدود ۷۰ درصد از کل محتوای منیزیم بدن، در استخوان ذخیره می‌شود (Martens *et al*., 2018). در مواقع کمبود، استخوان منبع قابل توجهی از منیزیم نیست که بدن بتواند نیاز خود را از آن تأمین کند. Mederle و همکاران (۲۰۱۸)، گزارش شده است که تنها ۳۰ درصد از منیزیم موجود در استخوان را می‌توان در دام جوان تشویق کرد تا غلظت منیزیم مایع خارج سلولی را پشتیبانی کند. منیزیم موجود در مایع خارج سلولی که قابل استفاده برای بدن می‌باشد، حدود یک درصد از کل منیزیم بدن را تشکیل می‌دهد (Fiorentini *et al*., 2021). غلظت طبیعی منیزیم پلاسما برای گاوها از ۰/۷۵-۱ میلی‌مول/لیتر (NASEM, 2021) متغیر است و تقریباً ۷۰ درصد از کل منیزیم پلاسما، به شکل یونی است، در حالی که ۳۰ درصد باقی‌مانده، عمدتاً به آلبومین متصل است (McDowell, 2005). از آنجایی که ۷۱ درصد از کل منیزیم بدن در استخوان و مایعات خارج سلولی بازیابی می‌شود، در نتیجه، ۲۹ درصد از کل منیزیم بدن در داخل سلول‌ها وجود دارد (Suttle, 2010)؛ در واقع، پس از پتاسیم (K)، منیزیم فراوان‌ترین کاتیون درون سلولی است (Ayyaswamy, 2023).

متابولیسم منیزیم در گاو

جذب منیزیم

منیزیم به طور عمده از رودهٔ کوچک در گوساله‌های جوان جذب می‌شود و همان طور که با افزایش سن، شکمبه و شیردان رشد و توسعه می‌یابند، محل اصلی جذب منیزیم می‌شوند (NASEM, 2021)؛ با این حال ممکن است مقداری جذب در رودهٔ بزرگ رخ دهد. در گاو بالغ، رودهٔ کوچک محل ترشح خالص منیزیم است، امّا ممکن است جذب آن همچنان در آن محل اتفاق بیافتد (Jittakhot *et al*., 2004). سطوح پایین پتاسیم در سلول‌های اپی‌تلیال شکمبه، پتانسیل غشای سطحی (Apical membrane) نیروی محرکه‌ای برای جذب منیزیم توسط سلول‌ها فراهم می‌کند، در حالی که در سطح بالای پتاسیم شکمبه، پتانسیل غشاء دپلاریزه می‌شود و در نتیجه باعث کاهش جذب منیزیم توسط سلول‌ها می‌شود (Schonewille, 2013؛ Matrens and Schweigel, 2015). در واقع، جذب منیزیم از شکمبه بیشتر از طریق دو مکانیسم فعال انجام می‌گردد: ۱) یک مکانیسم جذب بالقوه که توسط یک گرادیان الکتریکی (PD) در غشای آپیکال هدایت شده و فرآیندی است که با افزایش غلظت پتاسیم در مایع شکمبه مهار می‌شود (شکل ۱)؛ این یک سیستم حمل و نقل با

میل ترکیبی بالا و ظرفیت کم می‌باشد (Martens *et al*., 2018؛ Fach, 2015). ۲) سیستم دوم توسط گرادیان غلظت منیزیم است که می‌تواند بین محتویات شکمبه و سلول اپی‌تلیال وجود داشته باشد، هدایت می‌شود و با میل ترکیبی کم، ظرفیت بالا، مستقل از اختلاف پتانسیل الکتریکی بوده و به غلظت پتاسیم حساس نیست؛ این سیستم انتقال فعال و از نظر الکتریکی خنثی است (Leonhard *et al*., 2010 ؛Fach, 2015). ویژگی‌های انتقال منیزیم در سراسر اپی‌تلیوم شکمبه در جدول (۱) بررسی شده است (Martens *et al*., 2018).



شکل ۱- رابطهٔ پتاسیم و منیزیم در شکمبه (MLA, 2022)

تأثیر جیره غذایی بر جذب منیزیم

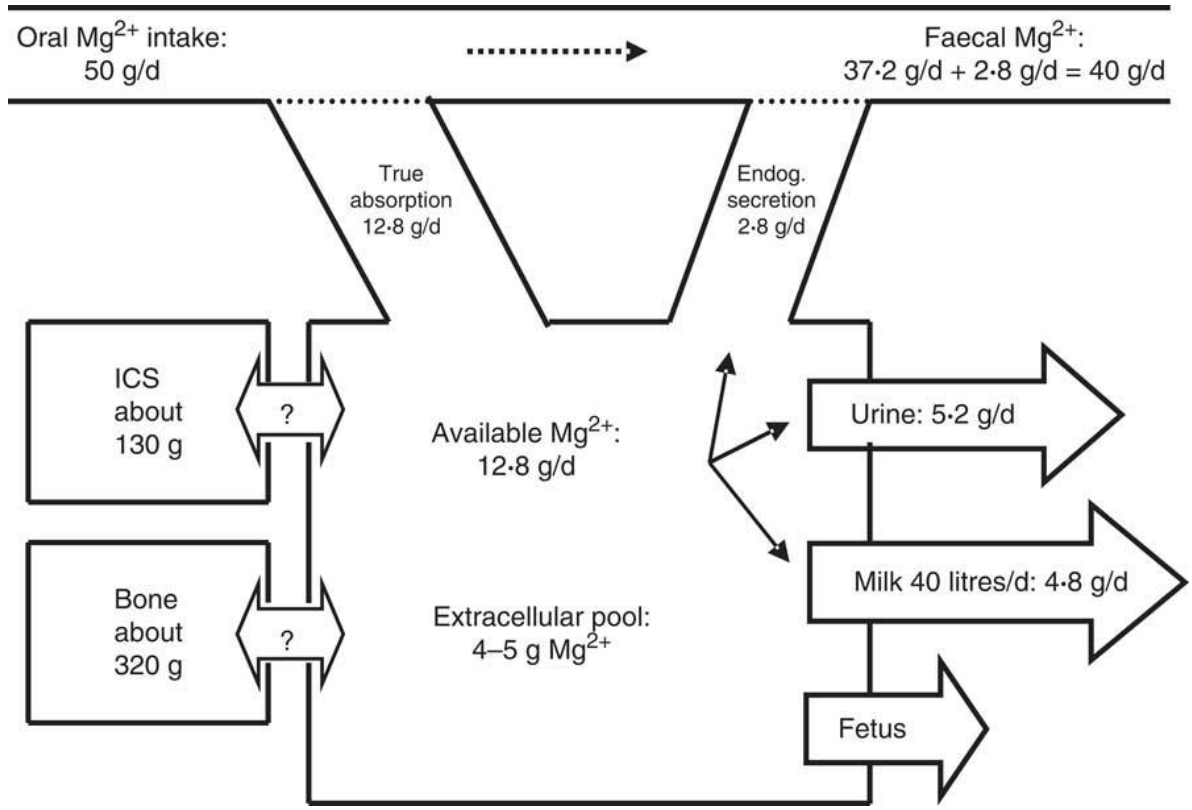
افزایش نشاستهٔ جیره سبب افزایش غلظت منیزیم می‌شود (Gransee and Führs, 2013). مصرف مقادیر زیاد کربوهیدرات‌های محلول یا کربوهیدرات‌های با قابلیت تخمیر سریع، ممکن است به دلیل افزایش نرخ تولید اسیدهای چرب فرار، pH شکمبه را کاهش دهد. کاهش pH سبب افزایش حلالیت منیزیم شده، که به نوبهٔ خود می‌تواند در دسترس بودن منیزیم برای جذب در سراسر اپی‌تلیوم شکمبه را افزایش دهد (Lee *et al*., 2007 ؛Schuchardt and Hahn, 2017). از طرفی، یونوفرها نیز در گاوهای گوشتی و شیری، با ایجاد کانال‌های مصنوعی، افزایش حلالیت یون‌ها، رقابت با سایر یون‌ها و تغییر پتانسیل غشا، جذب منیزیم را در سلول‌ها تسهیل می‌کنند، باعث افزایش ۱۰ تا ۲۸ درصدی جذب منیزیم شدند (Tie *et al*., 2018). پتاسیم موجود در جیره یک مهارکننده (Antagonist) برای جذب منیزیم بوده و با افزایش آن در شکمبه، شیب الکتریکی مورد نیاز جهت جذب منیزیم مختل می‌شود (Martens *et al*., 2018). از طرفی، کمبود سدیم نیز باعث مهار جذب منیزیم در گاو می‌شود؛ ممکن است کاهش جذب منیزیم ناشی از کمبود سدیم، با این واقعیت توضیح داده شود که در گاوهای محروم از سدیم، غلظت پتاسیم بزاقی به طور چشمگیری افزایش می‌یابد که احتمالاً باعث افزایش غلظت پتاسیم در شکمبه شده و به دنبال آن جذب منیزیم مختل شود (McDonald *et al*., 2011). مصرف زیاد فسفر می‌تواند باعث تشکیل ترکیباتی گردد که منیزیم را غیرقابل جذب کرده و در جذب منیزیم در روده اختلال ایجاد کند؛ بدین ترتیب افزایش مقدار فسفر سبب افزایش دفع منیزیم از طریق کلیه‌ها و در نهایت باعث کاهش میزان منیزیم جذب شده در بدن می‌شود (Schonewille and Beynen, 2005). در واقع، منابع منیزیم با اندازه ذرات کوچک‌تر، حلالیت بالاتری هم در شرایط آزمایشگاهی و هم درون‌تنی دارند و برون‌ده ادراری بالاتری تولید می‌کنند (Schonewille, 2013). آمونیاک از طریق تأثیر بر pH جذب منیزیم را کاهش می‌دهد. همچنین، با افزایش نیتروژن موجود در جیره و به دنبال آن آمونیاک شکمبه، به سبب باند شدن آمونیاک و منیزیم، از دسترس خارج شدن آن‌ها و کاهش پتانسیل الکتریکی، جذب منیزیم کاهش می‌یابد (Fiorentini *et al*., 2021). همچنین افزایش سطح چربی جیره در گاوها می‌تواند موجب کاهش جذب ظاهری منیزیم شود. اسیدهای چرب موجود در چربی جیره، به ویژه اسیدهای چرب بلند زنجیر، می‌توانند با منیزیم موجود در دستگاه گوارش ترکیب شده و صابون‌های منیزیمی نامحلول تشکیل دهند؛ این صابون‌های منیزیمی به دلیل نامحلول بودن، به خوبی جذب نمی‌شوند و در نتیجه جذب ظاهری منیزیم در گاو کاهش می‌یابد (NASEM, 2021).

جدول ۱- ویژگی‌های انتقال منیزیم در سراسر اپی‌تلیوم شکمبه

IONS	Luminal Mg^{2+}			Basolateral Mg^{2+} extrusion
	Driving force	Properties	Nomenclature	
Mg^{2+}	Electrical gradiant (PDa)	High affinity Low capacity	PD-dependent K^+-sensetive	Na^+/Mg^{2+} exchanger
Mg^{2+} + anions (2)	Chemical gradiant	Low affinity High capacity	PD-independent K^+-insensetive	Na^+/Mg^{2+} exchanger

دفع منیزیم

بخشی از منیزیم موجود در مایع خارج سلولی صرف جنین و یا تولید شیر شده و بخش دیگر توسط ادرار و عرق دفع می‌شود (Suttle, 2010)؛ در اصل، راه اصلی دفع منیزیم اضافی، از طریق ادرار می‌باشد. مدیریت کلیوی منیزیم، از طریق فرآیند فیلتراسیون- بازجذب است که در آن بخشی از منیزیم تصفیه شده دوباره جذب می‌شود و باقی‌مانده از طریق ادرار دفع می‌شود (Quamme and Cole, 2004). بنابراین، دفع منیزیم ادرار زمانی افزایش می‌یابد که مقدار فیلتر شده، از ظرفیت بازجذب لوله‌ای فراتر رود. آستانه کلیوی برای منیزیم پلاسما ۰/۷۰-۰/۷۵ میلی‌مول/لیتر است (Pinotti *et al*., 2021). وقتی منیزیم پلاسما به پایین‌تر از این مقدار می‌رسد، تقریباً تمام منیزیم فیلتر شده دوباره جذب می‌شود و دفع منیزیم ادرار به صفر می‌رسد (Quamme and Cole, 2004). مکانیسم جذب و دفع منیزیم در گاو شیری در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲- طرح متابولیسم منیزیم در یک گاو شیری غیر آبستن با وزن بدن ۷۰۰ کیلوگرم (BW). میزان مصرف روزانه منیزیم ۵۰ گرم است که جذب واقعی منیزیم ۱۲/۸ گرم در روز (۲۵.۶ درصد) است. جذب واقعی توسط ترشح درون‌زاد (Endogenous) به میزان ۲/۸ گرم در روز (۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) کاهش می‌یابد، که جذب ظاهری یا هضم منیزیم ۱۰ گرم در روز (۲۰ درصد) را توجیه می‌کند. مقدار ۱۴/۸ گرم منیزیم در روز برای ترشح ۴۰ کیلوگرم شیر (۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر) استفاده می‌شود و مازاد آن (۵/۲ گرم در روز) از طریق کلیه‌ها به ادرار دفع می‌شود. میزان منیزیم در فضای خارج سلولی با فرض این که حجم پلاسما و مایع بینابینی به ترتیب ۵ و ۱۵ درصد از وزن بدن را تشکیل می‌دهند، محاسبه شده است. جریان یک طرفه Mg^{2+} به داخل و خارج از فضای درون سلولی (ICS) و استخوان مشخص نیست و جریان خالص به داخل ICS یا استخوان در وزن بدن ثابت صفر است. در گاوهای آبستن در اواخر آبستنی، باید جریان ۰/۲ گرم Mg^{2+}/d به سمت جنین در نظر گرفته شود (Martens *et al*., 2018).

احتیاجات منیزیم گاو

احتیاجات نگهداری در گاوها، شامل نگهداری، رشد، آبستنی و شیردهی می‌شود که طبق NASEM (۲۰۲۱)، مقدار منیزیم مورد نیز و فرمول محاسبه آن در جدول ۲ آمده است.

نگهداری: دفع درون‌زادی منیزیم ۰/۳ گرم منیزیم/کیلوگرم ماده خشک تعیین شده است و از دست دادن منیزیم از طریق ادرار در گاوهای شیری بالغ تقریباً ۰/۰۰۰۷ گرم منیزیم/کیلوگرم وزن بدن می‌باشد که به عنوان دفع اجباری ادرار تعیین شد (Schonewille *et al*., 2013). از طرفی احتیاج نگهداری گاو گوشتی ۰/۴ گرم/کیلوگرم ماده خشک گزارش شده است.

رشد: در تلیسه‌ها، محتوای منیزیم بدن از حدود ۰/۶۵ گرم بر کیلوگرم وزن بدن در بدو تولد، به حدود ۰/۲ گرم بر کیلوگرم در ۵۰۰ کیلوگرم وزن بدن کاهش می‌یابد (Blaxter and McGill, 1956). بنابراین، مقدار ۰/۴۵ گرم منیزیم/کیلوگرم میانگین

افزایش وزن روزانه، یک نیاز رشد متوسط معقول درنظر گرفته شد (Schonewille and Beynen, 2005) و برای گاو گوشتی نیز همین مقدار در نظر گرفته شده است.

آبستنی: در گاوهای آبستن، افزایش منیزیم جنینی- جفتی در هلشتاین، حدود ۰/۱۸ گرم/روز از روز ۱۹۰ تا پایان آبستنی است (House and Bell, 1993). با این حال، طبق غلظت منیزیم در بدن یک گوساله تازه متولد شده، با توجه به مشکلات مرتبط با کمبود منیزیم (Hypomagnesemia) در زایمان، نرخ افزایش منیزیم تخمین زده شده در اواخر آبستنی، حدود ۰/۳ گرم در روز بوده است؛ بدین ترتیب که ۰/۳ گرم/روز برای توصیف نیاز جنین به منیزیم استفاده می‌شود و نیازها تا ۷۱۵ کیلوگرم وزن بدن مادر در نظر گرفته می‌شود (Castillo *et al*., 2013).

شیردهی: شیر دارای میانگین غلظت منیزیم حدود ۰/۱۱ گرم است و آغوز حاوی حدود ۰/۳۸ گرم منیزیم/کیلوگرم می‌باشد (Hermansen *et al*., 2005؛ Hulzen *et al*., 2009)؛ لذا با توجه به ذخیره محدود منیزیم در گاوهای شیری، باید مقدار مناسب منیزیم جهت سنتز آغوز در اواخر بارداری لحاظ شود.

جدول ۲- احتیاجات منیزیم بر اساس مراحل فیزیولوژیکی گاو

احتیاجات	گرم منیزیم جذب شده در روز
نگهداری	0.3 × Dry matter intake + 0.0007 × Body weight
رشد	0.45 × Average daily gain
آبستنی	0.3 × (Body weight / 715)
شیردهی	0.11 × Milk

کمبود منیزیم در گاو

با کاهش غلظت منیزیم پلاسما، کمبود منیزیم (هیپومنیزیمی) بروز می‌دهد. کمبود منیزیم بالینی، که اغلب به عنوان کزاز علفی یا تتانی چمن نامیده می‌شود، زمانی مشاهده می‌شود که منیزیم پلاسما به ۰/۴ میلی‌مول/لیتر یا کمتر کاهش یافته باشد (McDowell, 2005). این بیماری توسط Sjollema (۱۹۳۰) به شرح زیر مشخص شده است: وقوع حملات ناگهانی و سریع که تقریباً منحصراً در گاوهای شیری ظاهر می‌شود و بیشتر در روزهای اول که گاوها در فصل بهار به مراتع گرامینه می‌روند، اغلب به طور مرگبار خاتمه می‌یابد. غلظت کم منیزیم در مایع مغزی نخاعی، باعث فعالیت سیناپسی کنترل نشدهٔ سلول‌ها در سیستم عصبی مرکزی می‌شود (Pinotti *et al*., 2021). از علائم کزاز علفی می‌توان به عدم تعادل در ایستادن، زمین خوردن، دهان و بزاق کف‌آلود، انقباض در ماهیچه‌ها و فک، و تأخیر در رشد اشاره کرد. گاوهایی که در مراتع با کود پتاسیم (K) و نیتروژن (N) بیش از حد چرا کرده بودند، افزایش بروز کزاز علفی گزارش شده بود (Cazzola *et al*., 2020). زمانی که کمبود منیزیم رخ می‌دهد، معمولاً با افزایش بروز هیپوکلسیمی و در نهایت تب شیر همراه است؛ منیزیم نقش مهمی در تنظیم متابولیسم کلسیم و فسفر و همچنین در پیشگیری از تب شیر در دام‌ها ایفا می‌کند؛ این عنصر با فعال‌سازی آنزیم آدنیلات سیکلاز، باعث افزایش سطح cAMP داخل سلولی می‌شود. افزایش cAMP به نوبه خود، منجر به فعال شدن پروتئین کیناز A (PK_A) می‌گردد. PK_A با فسفریلاسیون پروتئین‌های مختلف، فرآیندهای سلولی را تنظیم می‌کند و در تنظیم متابولیسم کلسیم و فسفر، پیشگیری از تب شیر نقش حیاتی ایفا می‌کند. از طرفی، مکانیسم زیربنای این رابطه، ممکن است مربوط به تولید ناکافی هورمون پاراتیروئید و افزایش مقاومت اسکلتی به PTH یا اختلال در متابولیسم ویتامین D باشد (Wesselink *et al*., 2020).

پیشگیری از کمبود منیزیم

پیشگیری از کمبود منیزیم باید در کوتاه مدت و بلند مدت انجام شود تا از شرایط نامطلوب حاد و مزمن مرتبط با کمبود منیزیم جلوگیری شود.

پیشگیری کوتاه مدت: در صورت نیاز ناگهانی به مهار کمبود منیزیم، می‌توان از طریق تزریق زیرجلدی مکمل‌های حاوی منیزیم نظیر سولفات منیزیم و منیزیم کلراید و استفاده از خوراک‌های حاوی سبوس گندم و کنجاله‌های کتان و پنبه دانه و یا گیاهان غنی از منیزیم، میزان منیزیم در جیره را به سطوح کافی رساند. همچنین می‌توان مکمل منیزیم مانند اکسید منیزیم را به جیره و یا آب اضافه کرد و در شرایط چرا، می‌توان به مرتع نیز مکمل منیزیم را افزود (Gasmi *et al*., 2023).

پیشگیری بلند مدت: از کمبود منیزیم به دلیل محتوای پایین منیزیم ذاتی علوفه، می‌توان به وسیله کوددهی خاک با مقادیر مناسب منیزیم جلوگیری کرد (Schonewille and Beynen, 2005). همچنین می‌توان با قراردادن گلوله‌های منیزیمی (اکسید منیزیم آهسته رهش) در نگاری گاو، و یا در اختیار قرار دادن آجرهای لیسیدنی منیزیم از کمبود منیزیم پیشگیری کرد (McDonald *et al*., 2011).

منابع منیزیم

از نظر منابع، منیزیم را می‌توان در چند منبع مختلف مانند علوفه سبز، منابع حیوانی و مکمل‌های معدنی یافت. مواد غذایی مانند سبوس گندم، شبدر، مخمر خشک، کنجاله بزرک و کنجاله پنبه دانه، کنجاله کتان و خانواده گیاهان لگومینه و کاسنی منابع خوبی از منیزیم هستند (Pinotti *et al*., 2021). میانگین محتوای منیزیم (گرم/کیلوگرم ماده خشک) در غلات، کنجاله دانه‌های روغنی و پودر ماهی به ترتیب: ۱/۱-۱/۳ گرم، ۳/۰-۵/۸ گرم و ۱/۷-۲/۵ گرم است (Lipinski *et al*., 2011).

اشکال مصرفی منیزیم

منیزیم به دو شکل آلی و معدنی به مصرف دام می‌رسد. منیزیم معدنی نظیر سولفات منیزیم، کلرید منیزیم، کربنات منیزیم (منیزیت) و اکسید منیزیم بوده و فرم آلی منیزیم منیزیم کیلات شده با پروتئین و اسیدآمینه نظیر منیزیم آسپارتات می‌باشد. محتوای منیزیم برخی از مکمل‌های منیزیم در جدول (۳) گزارش شده است. علی‌رغم این که زیست فراهمی منیزیم معدنی نسبت به منیزیم آلی کم است، امّا به علت قیمت پایین‌تر و در دسترس بودن، از فرم معدنی منیزیم استفاده می‌شود. سولفات منیزیم منبع خوبی از منیزیم برای نشخوارکنندگان در نظر گرفته می‌شود. همچنین اکسید منیزیم رایج‌ترین منبع منیزیم است که برای جلوگیری از تب شیر استفاده می‌شود، بالاترین غلظت منیزیم را دارا است و معمولاً جذب کافی یون‌های منیزیم را تضمین می‌کند (Efsa, 2015). منیزیم کربنات با درجه معرف نیز به خوبی در دسترس است، امّا کربنات منیزیم به شکل منیزیت، به نظر می‌رسد حاوی کمترین سطح منیزیم در بین اشکال معدنی قابل استفاده منیزیم باشد. هر دو شکل سولفات منیزیم و کلرید منیزیم می‌توانند به کاهش تفاوت کاتیون-آنیون جیره (DCAD) کمک کنند (Mohamad *et al*., 2022). مکمل منیزیم در تغذیه نشخوارکنندگان هم برای حفظ فعالیت متابولیک آنزیم‌هایی که از منیزیم به عنوان کوفاکتور استفاده می‌کنند و هم برای جلوگیری از شرایط بالینی کمبود منیزیم مانند کزاز علفی و تب شیر حائز اهمیت می‌باشد (Schonewille and Beynen, 2005).

مسمومیت با منیزیم

در عمل، سمیت منیزیم مشکل حادی به‌نظر نمی‌رسد، زیرا تعادل منیزیم به خوبی توسط کلیه‌ها تنظیم می‌شود، که می‌تواند مقادیر زیادی از منیزیم جذب شده را دفع کند (Jodral-Segado *et al*., 2003). در حالت کلی با مصرف بیش از حد منیزیم و بروز مسمومیت، بی‌حالی، اسهال شدید، انحطاط بافت اپی‌تلیوم شکمبه و وجود بافت مخاطی در مدفوع، کاهش ماده خشک مصرفی و کاهش قابلیت‌هضم ماده خشک رخ می‌دهد (Schonewille and Beynen, 2005). حداکثر سطح قابل تحمل منیزیم تعیین شده توسط NRC (۲۰۰۱)، ۴ گرم منیزیم/کیلوگرم ماده خشک بود، امّا با افزایش مقدار منیزیم جیره با اکسید منیزیم تا ۷ گرم منیزیم/کیلوگرم ماده خشک نیز در گاوهای شیری مشکلی جز کاهش محتوای ماده خشک مدفوع گزارش نشد (Erdman *et al*., 1982). اما طبق یافته‌های تازه‌تر، براساس NASEM حداکثر سطح قابل تحمل منیزیم ۶ گرم در نظر گرفته شده و اثرات منفی تنها زمانی مشاهده شده که غلظت منیزیم جیره بیشتر از ۱۰ گرم باشد (NASEM, 2021). در پی افزودن ۱۱/۸ گرم/کیلوگرم ماده خشک مدفوع با قوام کم و با افزودن ۱۴/۱-۱۷/۳ گرم/کیلوگرم ماده خشک منیزیم اسهال شدید در گاوهای خشک مشاهده شد (Jittakhot *et al*., 2004).

جدول ۳- محتوای منیزیم برخی از مکمل‌ها (Pinotti *et al*., 2018)

منبع منیزیم	محتوای منیزیم (٪)
منیزیم اکسید	۵۰/۵۰ – ۵۲/۰۰
منیزیم هیدروکسی	۳۶/۰۰ – ۳۸/۰۰
منیزیم فسفات	۲۴/۰۰ – ۳۳/۰۰
منیزیم کلرید	۱۲/۰۰
منیزیم سولفات	۱۰/۰۰

تأثیر استفاده از منیزیم در تغذیه گاو

افزایش سطح منیزیم جیره با استفاده از اکسیدمنیزیم، سبب افزایش جذب منیزیم و منیزیم پلاسما در گاوهای خشک شد (Jittakhot *et al*., 2004). همچنین افزایش منیزیم جیره با استفاده از اکسید منیزیم باعث بهبود ماده خشک مصرفی و قابلیت هضم فیبر در گاوهای شیری شد (Erdman *et al*., 1982). در یک مطالعه، منابع مختلف منیزیم باعث کاهش جفت ماندگی (Jeong *et al*., 2018؛ Tsiamadis *et al*., 2016) و هیپوکلسیمی در گاوها شدند (احسان‌بخش و همکاران، ۱۴۰۱). در مطالعه‌ای دیگر، اکسید منیزیم باعث بهبود قابلیت هضم NDF و ماده خشک شد و همچنین سولفات منیزیم و اکسید منیزیم سبب بهبود وضعیت کلسیم پلاسما شدند (احسان‌بخش و همکاران، ۱۴۰۱). اکسید منیزیم باعث بهبود شرایط تخمیر، و به‌دنبال آن بهبود محیط شکمبه می‌شود و محتوای چربی شیر را در گاوهای شیری دریافت‌کنندهٔ جیرهٔ حاوی کنسانتره بالا حفظ می‌کند (Erdman, 1988). اکسید منیزیم همچنین به‌واسطه خاصیت بافری که دارد سبب افزایش شاخص اسیدیته شکمبه شده و از بروز اسیدوز در شکمبه جلوگیری می‌کند (فیض‌دار برآبادی و همکاران، ۱۳۹۹). کاهش مقدار منیزیم در جیرهٔ گاوهای هلشتاین، مصرف ماده خشک را هم در شرایط درون‌تنی و هم

برون‌تنی کاهش می‌دهد و استفاده از مکمل منیزیم، باعث کاهش مقاومت به انسولین در بافت‌ها شد (Leno *et al*., 2017). در مقایسه‌ای با کربنات سدیم، اکسید منیزیم سبب تحریک مصرف خوراک و قابلیت هضم ماده خشک و افزایش چربی شیر در طی دورهٔ شیردهی می‌شود (فیض‌دار برآبادی و همکاران، ۱۳۹۹). از سویی دیگر، افزایش منیزیم خون باعث افزایش کلسیم خون و کاهش کمبود کلسیم (Hypocalcaemia) می‌شود (Goff, 2014).

نتیجه‌گیری کلی

منیزیم یک ماده معدنی ضروری برای نشخوارکنندگان است که در متابولیسم حیاتی بدن نقش مهمی ایفا می‌کند و باعث تعادل در سوخت و ساز بدن می‌شود. استفاده از مواد غذایی غنی از منیزیم و یا مکمل‌های منیزیم، سبب بهبود در راندمان تولیدی و تولیدمثلی و قابلیت هضم، کاهش بیماری‌های متابولیکی مانند کزازعلفی، تب شیر و جفت ماندگی و بهبود منیزیم و کلسیم پلاسما و همچنین کاهش مقاومت به انسولین می‌شود و به بهبود عملکرد عضلات و سلامت اسکلت دام نیز کمک می‌کند.

منابع

ابراهیمی مرزی‌کلا، م.، قورچی، ت.، بارانی مطلق، م. و اسدی، م. (۱۴۰۲). "تعیین میزان ناپدید شدن و حلالیت شکمبه‌ای کلسیم، فسفر، سدیم، منیزیم و پتاسیم از برخی مواد خوراکی و مکمل‌های کلسیمی." *نشریه علوم دامی ایران*، ۵۴(۱)، ۴۵-۳۱.

احسان‌بخش، ف.، امانلو، ح. و شهیر، م.ح. (۱۴۰۱). "اثر منابع مختلف منیزیم در جیره‌های پیش از زایش بر متابولیسم انرژی، عملکرد و سلامت گاوهای هلشتاین." علوم دامی ایران، ۵۳(۱)، ۲۲-۱۳.

امانلو، ح.، مطهری، ا.، امیرآبادی فراهانی ط. و اسلامیان فارسونی، ن. (۱۳۹۸). "کمبود منیزیم در جیره پیش از زایمان و بروز جفت ماندگی در گاوهای هلشتاین." چهارمین همایش ملی تولیدات دامی.

فیض‌دار برآبادی، ی.، غیاثی، س.ا. و منتظر تربتی، م.ب. (۱۳۹۹). "اثر منابع کاتیونی و DCAD جیره گاو شیری بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه در شرایط برون تنی." پژوهش‌های علوم دامی ایران، ۱۲(۲)، ۱۹۵-۱۸۱.

Ayyaswamy, G. (2023). A Super-Ion Called Magnesium: The Unsung Hero of Vitality and Well-being. Pp. 120.

Blaxter, K.L., and McGill, R.F. (1956). "Magnesium metabolism in cattle." *Veterinary Reviews and Annotations*, 2, 35-54.

Bjørklund, G., Shanaida, M., Lysiuk, R., Butnariu, M., Peana, M., Sarac, I., Strus, O., Smetanina, K., Chirumbolo, S. (2022). Natural Compounds and Products from an Anti-Aging Perspective. *Molecules*, 27, 7084.

Cazzola, R., Della Porta, M., Manoni, M., Iotti, S., Pinotti, L., and Maier, J.A. (2020). "Going to the roots of reduced magnesium dietary intake: A tradeoff between climate changes and sources". *Helyion*, 6, e05390.

EFSA. (2015). "NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies). Scientific opinion on dietary reference values for magnesium". *EFSA Journal*. 13, 1–63.

Erdman, R.A. (1988). "Dietary Buffering Requirements of the Lactating Dairy Cow: A Review1". *Journal of Dairy Science*, 71(12), 3246-3266.

Erdman, R.A., Hemken, R.W. and Bull, L.S. (1982). "Dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide for early postpartum lactating dairy cows: effects on production, acid-base metabolism, and digestion." *Journal of Dairy Science*, 65, 712-731.

Erem, S., Atfi, A., and Razzaque, M.S. (2019). "Anabolic effects of vitamin D and magnesium in aging bone." *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 193, 105400.

Fiorentini, D., Cappadone, C., Farruggia, G., and Prata, C. (2021). "Magnesium: Biochemistry, Nutrition, Detection, and Social Impact of Diseases Linked to Its Deficiency." *Nutrients*, 13, 1136.

Gasmi, A., Shanaida, M., Oleshchuk, O., Semenova, Y., Mujawdiya, P. K., Ivankiv, Y., and Bjørklund, G. (2023). Natural ingredients to improve immunity. *Pharmaceuticals*, 16(4), 528.

Goff, J.P. (2014). "Calcium and magnesium disorders." *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice,* 30, 359-381.

Gransee, A., and Führs, H. (2013). "Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions*." Plant Soil*, 368, 5–21.

Jeong, J.K., Choi, I.S., Moon, S.H., Kang, H.G., and Kim I.H. (2018). "Relationship between serum magnesium concentration during the transition period, peri- and postpartum disorders, and reproductive performance in dairy cows". *Livestock Science*, 213, 1-6.

Jittakhot, S., Schonewille, J.T., Wouterse, H., Uijttewaal, A.W.J., Yuangklang, C., and Beynen, A.C. (2004). "Increasing magnesium intakes in relation to magnesium absorption in dry cows." *Journal of Dairy Research*, 71, 297-303.

Li, P., Wang, R., Jiao, H., Wang, X., Zhao, J., and Lin, H. (2018). "Effects of Dietary Phosphorus Level on the Expression of Calcium and Phosphorus Transporters in Laying Hens." *Front Physiology*, 9, 627–638.

Martens, H., and Schweigel, M. (2015). "Pathophysiology of grass tetany and other hypomagnesemias. Implications for clinical management." *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice,* 16, 339–368.

Martens, H., Leonhard-Marek, S., Röntgen, M., and Stumpff, F. (2018). "Magnesium homeostasis in cattle: Absorption and excretion." *Nutrition Research Reviews,* 25, 1–17.

McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A., and Wilkinson, R.G.

(2011). "*Animal Nutrition 7th Edition.*" Benjamin Cummings, P. 712.

McDowell, L.R. (2005). "*Minerals for grazing ruminants in tropical regions*." No. Ed.4, v + 86 pp. Center for Tropical Agriculture, University of Florida, Gainesville, Florida, USA.

Mederle, O.A., Balas, M., Ioanoviciu, S.D., Gurban, C.V., Tudor, A., and Borza, C. (2018). "Correlations between bone turnover markers, serum magnesium and bone mass density in postmenopausal steoporosis." *Clinical Interventions in Aging*, 13, 1383–1389.

MLA. (2022). Managing Grass Tetany. Priority list of endemic diseases for the red meat industry – 2022 update.

Mohamad, S. S. S., Kamaruddin, N. A., and Ting, J. Y. (2022). Study on chemical composition of napier pak chong (Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum) harvested at different growth stages. *Journal of Agrobiotechnology*, 13(1S), 24-30.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM). (2021). 7th edn. National Academy of Sciences, Washington, DC.

NRC. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cows, 7th edn. National Academy of Sciences, Washington, DC.

Pinotti, L., Manoni, M., Ferrari, L., Tretola, M., Cazzola, R., and Givens, I. (2021). "Review: The Contribution of Dietary Magnesium in Farm Animals and Human Nutrition." *Nutrients*, 13(509), 1-15.

Schonewille, J.T. (2013). "Magnesium in dairy cow nutrition: An overview." *Plant Soil*, 368, 167–178.

Schonewille, J.Th., and Beynen, A.C. (2005). "Reviews on the mineral provision in ruminants (III): Magnesium metabolism and requirements in ruminants." *Central Bureau for Livestock Feeding*.

Schuchardt, J.P., and Hahn, A. (2017). "Intestinal Absorption and Factors Influencing Bioavailability of Magnesium-An Update." *Current Nutrition & Food Science*, 13, 260–278.

Suttle, N.F. (2010). "Mineral Nutrition of Livestock." 4th ed. CAB International. 368 Oxford. UK.

Tsiamadis, V., Banos, G., Panousis, N., Kritsepi-Konstantinou, M., Arsenos, G., and Valergakis, G.E. (2016). "Genetic parameters of subclinical macromineral disorders and major clinical diseases in postparturient Holstein cows." *Journal of Dairy Science*, 99, 8901-8914.

Wesselink, E., Kok, D.E., Bours, M.J.L., de Wilt, J.H.W., van Baar, H., and van Zutphen, M. (2020). "Vitamin D, magnesium, calcium, and their interaction in relation to colorectal cancer recurrence and all-cause mortality." *The American Journal of Clinical Nutrition*, 111, 1007–1017.

.

Publisher Note
Animal Science Students Scientific Association, Campus of Agriculture and Natural Resources at the University of Tehran

Submit Your Manuscript:
https://domesticsj.ut.ac.ir/contacts?_action=loginForm

Domestic; 25 (3): 39-47

Scientific-Extensional (Professional) Journal

Domestic

Animal Science Students Scientific Association at the University of Tehran, Autumn 2025

https://domesticsj.ut.ac.ir/article_107005.html

Scientific-Extensional Article

The key role of magnesium in cattle nutrition and health

Ayda Teymouri[1*] and Mohammad Asadi[2]

[1] M.Sc. Graduated, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Golestan, Iran

[2] Ph.D. Graduated, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Golestan, Iran

https://doi.org/10.22059/domesticsj.2025.395526.1194

Abstract

Although minerals constitute only a small fraction of a ruminant's diet, they are particularly important for farmed animals due to their various roles in vital metabolic processes. Supra-nutritional minerals are among the most important metabolic enhancers, enhancing growth and feed efficiency, boosting meat and milk production, reducing fat deposition, and improving fertility. Mineral deficiencies adversely affect livestock metabolism. causing disease, weakening the immune system and reducing growth and overall productivity. Magnesium is an intracellular cation which is involved in many biochemical processes, including phosphorylation and the metabolism of carbohydrates. Magnesium affects the activity of more than 300 cellular enzymes involved in energy metabolism, protein synthesis, cell growth and proliferation, DNA and RNA synthesis, and mitochondrial membrane stabilization. The function of magnesium is closely related to that of calcium and phosphorus, which is why magnesium is useful in preventing grass tetany (grass staggers) and milk fever, two diseases associated with hypomagnesaemia. Considering magnesium's importance for ruminants, this article reviews its role in cattle nutrition.

Keyword(s): Beef Cattle, Dairy cow, Hypomagnesemia, Magnesium, Milk fever

***Corresponding Author E-mail:** teymouriayda2000@gmail.com

Section: Animal Nutrition **Associate Editor:** Dr. Parvin Shawrang

Received: 18 May 2025 **Revised:** 10 Jul 2025 **Accepted:** 20 Jul 2025 **Published online:** 10 Dec 2025

Citation: Teymouri, A., Asadi, M. The key role of magnesium in cattle nutrition and health. *Professional Journal of Domestic*, 2025; 25(3): 39-47.