



پیامد قلت عناصر کم‌نیاز (مس، کوبالت، آیودین و سلینیوم) در نشخوارکننده‌گان

پوهنیار فضل ولی جلالزی^۱، پوهنمل محمد سنگری^۲

^{۱،۲}دیپارتمنت پاراکلینیک، پوهنځی علوم وترنری، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان

ایمیل: jalalzaifazalwali@gmail.com

چکیده

برای اینکه حجرات مختلف بدن وظایف خویش را به صورت نورمال پیش برده بتواند، فراهم بودن مقدار مناسب منرال‌ها در جیره حیوانات لازمی است. این مطالعه به هدف بررسی علایم و پیامدهای کاهش مواد منرالی کم‌نیاز شامل مس، کوبالت، آیودین و سلینیوم در حیوانات نشخوارکننده انجام شده است. این مطالعه به روش مروری و بر بنیاد منابع معتبر علمی صورت گرفته است. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهند که کمبود مواد منرالی کم‌نیاز می‌تواند ناشی از فقر خاک، تغذیه نامتعادل، و اختلالات متابولیکی باشد. کاهش این عناصر سبب بروز ناهنجاری‌های چون ضعف سیستم دفاعی، اختلالات تولیدمثلی، کاهش رشد و مشکلات پوستی در حیوانات می‌شود. در نتیجه این مطالعه نشان می‌دهد که شناخت دقیق عوامل کاهش این عناصر و پیش‌گیری از کاهش آن‌ها نقش کلیدی در حفظ الصحة و بهره‌وری نشخوارکنندگان دارد.

واژه‌های کلیدی: آیودین؛ جاغور؛ سلینیوم؛ کوبالت؛ مواد منرالی کم‌نیاز؛ مس؛ نشخوارکنندگان

Consequences of Trace Element Deficiency (Copper, Cobalt, Iodine, and Selenium) in Ruminants

Fazalwali Jalalzai¹, Mohammad Sangary²

^{1,2}Para Clinic, Veterinary Faculty, Kabul University, Kabul, Afghanistan

Email: jalalzaifazalwali@gmail.com

Abstract

For the numerous cells of the body to perform their functions normally, it is essential to ensure an adequate supply of minerals in the animal's diet. This study aims to examine the symptoms and consequences of a deficiency of essential minerals, including copper, cobalt, iodine, and selenium, in ruminant animals. The study is conducted through a review method based on reliable scientific sources. The findings of this review show that a deficiency of essential minerals can be caused by soil depletion, imbalanced nutrition, and metabolic disorders. The reduction of these elements leads to abnormalities such as a weakened immune system, reproductive disorders, growth retardation, and skin problems in animals. The conclusion of this research suggests that accurately identifying the factors leading to the depletion of these minerals and preventing their depletion plays a key role in maintaining the health and productivity of ruminants.

Keywords: Cobalt; Copper; Goiter; Iodine; Microelements; Ruminants; Selenium

ارجاع: جلالزی، ف. و. و سنگری، م. (۱۴۰۴). پیامد قلت عناصر کم‌نیاز (مس، کوبالت، آیودین و سلینیوم) در نشخوارکننده‌گان. مجله علمی- تحقیقی علوم طبیعی پوهنتون کابل، ۸(۲)، ۱۴۱-۱۶۱.

<https://doi.org/10.62810/jns.v8i2.400>

مقدمه

عناصر مواد مغذی غیرعضوی در صحت حیوانات و انسان‌ها نقش حیاتی دارند و وظایف مختلف فزیولوژیک از قبیل فعالیت انزیمی، انتقال پیام‌های عصبی، انقباض عضلات، استحکام استخوان‌ها و تعادل مایعات را تنظیم می‌نماید. مواد منرالی موجود در انساج و مایعات بدن حیوانات بالغ عمدتاً از منابع خارجی یافت می‌شود و تقریباً ۴٪ وزن بدن حیوان را تشکیل می‌دهند (Radwińska & Żarczyńska, 2015).

از جمله عناصری که وظیفه ساختمانی دارد، عبارت است از کلسیم، مگنیزیم، فاسفورس، سلیکان در ساختمان استخوان‌ها و فاسفورس و سلفر در ساختمان پروتئین‌های عضلات نقش بازی می‌نماید. وظیفه فزیولوژیکی عناصر سدیم، پوتاشیم، کلورین، کلسیم، مگنیزیم عبارت از تأمین الکترولایت‌ها برای مایعات و انساج بدن است تا فشار اسموسی^۱ را تنظیم کند و همچنان تعادل اسید و قلوی را حفظ می‌نماید و نفوذپذیری غشاء و انتقال پیام‌های عصبی را تنظیم می‌کند. وظیفه کتالیزی^۲ احتمالاً مهم‌ترین وظیفه مواد منرالی به ویژه مواد منرالی کم‌نیاز است. مواد منرالی بیش‌نیاز و کم‌نیاز هردو منحيث کتالیزر در سیستم‌های انزیمی و اندوکراین عمل می‌کنند؛ آن‌ها می‌توانند به عنوان کوانزایم‌ها^۳ برای آغاز وظیفه انزیمی و اندوکرائینی عمل کرده و هم‌چنین می‌توانند عناصر ساختمانی یک‌پارچه و خاص متالوانزایم‌ها^۴ و هورمون‌ها^۵ باشند. در موجودات زنده، مواد منرالی هم‌چنین مسئول تکثیر و نموی حشرات هستند. جست (Zinc) روند کاپی‌برداری را متأثر می‌سازد، در حالی‌که آیودین یک جزء از تیروکسین^۶ (هورمونی که مسئول وظیفه تیروئید روند تولید انرژی است) می‌باشد (Івано-Франківський, 2023). در نشخوارکنندگان، کمبود مواد منرالی می‌تواند مسیرهای متابولیکی مورد نیاز برای وظایف طبیعی بدن را مختل یا حتی متوقف کند و علایم کلینیکی با شدت‌های مختلف ایجاد نماید (Radwińska at all., 2012). حیوانات به مقدارهای متفاوت به این عناصر نیاز دارند و بر اساس مقدار مورد نیاز به منرال‌های بیش‌نیاز^۷ و عناصر کم‌نیاز^۸ طبقه‌بندی می‌شوند (Radwińska & Żarczyńska, 2015). این موضوع از لحاظ صحت حیوانی و اقتصاد

¹ Osmotic Pressure

² Catalysis

³ Co -Enzymes

⁴ Metalloenzymes

⁵ Hormones

⁶ Thyroxine

⁷ Macro Minerals

^۸ Micro Minerals/Trance Elements

مالداری از اهمیت ویژه‌ی برخوردار است. قلت این عناصر سبب کاهش بهره‌وری حیوانات، افزایش مرگ‌ومیر، کاهش رشد و عملکرد تولیدی می‌گردد. بسیاری از مشکلات تولیدی و مثلی نشخوارکنندگان به واسطه این کمبودی‌ها بروز می‌کند (S. A. Galbat, 2020). وضعیت مواد معدنی مادر نه تنها بر صحت خود حیوان تأثیر می‌گذارد، بلکه صحت نسل بعدی را نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد؛ بنابراین، مالداران علاوه بر توجه به صحت خود حیوان، صحت نسل بعدی را نیز در نظر داشته باشد (Van Emon et al., 2020). هدف از این مطالعه ارزیابی اثرات کاهش مس، کوبالت، آیودین و سلنیوم بر شاخص‌های رشد، تولیدمثل و سیستم دفاعی نشخوارکنندگان می‌باشد.

عناصر نقش عمده وظیفوی و ساختمانی دارد. در سال ۱۹۸۱ فهرستی از ۲۲ عنصر ضروری برای حیات حیوانات تدوین شد. این فهرست شامل ۷ ماکرومنرال (Macro minerals) بوده و شامل کلسیم (Ca)، فاسفورس (P)، پوتاشیم (K)، سودیم (Na)، کلورین (CL)، مگنیزیم (Mg) و سلفر (S) می‌باشد و همچنان ۱۵ میکرومنرال است و در برگیرنده‌ی آهن (Fe)، آیودین (I)، زینک (Zn)، مس (Cu)، منگیز (Mn)، کوبالت (Co)، مولبدینیوم (Mn)، سلنیوم (Se)، کرومیوم (Cr)، فلوراید (F)، تین (Sn)، وینادیوم (V)، سیلیکان (Si)، نیکل (Ni) و آرسنیک (As) می‌باشد (Radwińska and Żarczyńska 2012). ماکرومنرال و میکرومنرال چهار وظایف کلیدی را در بدن ایفا می‌کنند. این وظایف عبارت است از نقش ساختمانی، فیزیولوژیکی، کتالیزی و تنظیمی فعالیت‌های نورمال بدن می‌باشد (Radwińska & Żarczyńska, 2015). علاوه بر این عناصر کم‌نیاز در چندین فرآیند بیولوژیکی دخیل هستند و به حیث فاکتورهای کمکی (co-factors) آنزیم‌ها عمل می‌کند (Kumar et al., 2011).

عناصر کم‌نیاز مانند مس (Cu)، کوبالت (Co)، آیودین (I) و سلنیوم (Se) برای عملکرد طبیعی نشخوارکنندگان حیاتی هستند. مطالعات متعددی نشان می‌دهند که کمبود عناصر کم‌نیاز مانند مس، کوبالت، آیودین و سلنیوم تأثیر قابل توجهی بر عملکرد فیزیولوژیکی و تولیدی نشخوارکنندگان دارد (S. Galbat et al., 2023). تحقیقات نشان می‌دهد که کمبود مس می‌تواند منجر به کاهش رشد، اختلالات تولیدمثلی و ضعف سیستم دفاعی در گاو‌ها شود (S. A. Galbat, 2020). همچنان دیده شده که عناصر کم‌نیاز نقش مهم را در عملکرد تولیدمثلی گاوی، صحت، کیفیت فله (colostrum) و شیر

دارد (Van Emon et al., 2020). قلت سلنیوم در گاوها می تواند تأثیرات منفی بر عملکرد تولیدمثل، تولیدات و رشد این حیوانات داشته باشد (Mehdi & Dufrasne, 2016).

تأمین عناصر کم نیاز برای سلامتی، رشد و تولیدات حیوانات، به ویژه نشخوارکنندگان، از اهمیت حیاتی برخوردار است. اگرچه این عناصر به مقدار بسیار اندک مورد نیاز بدن حیوان هستند، اما نقش اساسی در فعالیت های متابولیکی، فعالیت آنزیم ها، کارکرد هورمون ها و تقویت سیستم دفاعی ایفا می کنند. در میان این عناصر، کوبالت، مس، ایودین و سلنیوم از مهم ترین عناصر کم نیاز شمرده می شود که کمبود آن ها پیامدهای جدی بر صحت و تولیدات حیوانی برجا می گذارد. کمبود کوبالت سبب اختلال در ساخت ویتامین B12 و در نهایت کاهش رشد و ضعف عمومی حیوان می شود. مس نقش کلیدی در تشکیل هموگلوبین، سیستم دفاعی و رنگدانه ها دارد و کمبود آن منجر به کم خونی، کاهش مقاومت بدن و اختلالات باروری می گردد. آیودین برای تولید هورمون های تیروئید حیاتی است و فقدان آن باعث بروز اختلالات متابولیکی، کاهش رشد و بروز جاغور در حیوانات می شود. سلنیوم نیز به عنوان بخش مهمی از آنزیم گلوکوتاتیون پراکسیداز، در دفاع آنتی اکسیدانی و جلوگیری از بیماری های عضلانی نقش دارد و کمبود آن می تواند به بروز بیماری های مانند ماهیچه سفید منجر شود.

از سوی دیگر، در بسیاری از مناطق، به دلیل کمبود طبیعی این عناصر در خاک و علوفه، حیوانات با خطر کمبود مواجه هستند. این مسئله نه تنها سبب کاهش بهره وری تولیدات حیوانی (شیر، گوشت و تولیدمثل) می شود، بلکه ضررهای اقتصادی قابل توجهی را به مالداران وارد می سازد. بنابراین، بررسی و شناخت وضعیت قلت این عناصر در نشخوارکنندگان، از دیدگاه صحت حیوانی و نیز از نظر اقتصادی از اهمیت ویژه برخوردار است. انجام تحقیقات مروری در این زمینه می تواند به درک بهتر نقش این عناصر، علایم کلینیکی کمبود، پیامدهای اقتصادی و راهکارهای پیشگیرانه کمک نماید. همچنین نتایج چنین تحقیق می تواند مبنایی برای سیاست گذاری های صحتی و تغذیه ای در بخش پرورش حیوانات باشد.

این تحقیق در پی آن است که به سؤالات ذیل پاسخ ارائه نماید:

۱. کدام عوامل سبب کمبود مواد منرالی کم نیاز در نشخوارکنندگان می گردند؟
۲. چه راهکارهای عملی (تکمیلی و کنترولی) می تواند در کاهش پیامدهای ناشی از کمبود این
۳. عناصر در نشخوارکنندگان مؤثر باشد؟
۴. قلت منرال های کم نیاز به ویژه مس، سلنیوم، کوبالت و آیودین در نشخوارکنندگان کدام علایم کلینیکی را به وجود می آورد؟

روش تحقیق

این مطالعه به صورت تحقیق مروری طراحی شده است و هدف آن بررسی عناصر کم‌نیاز (سلینیوم، ایودین، کوبالت و مس) در نشخوارکنندگان می‌باشد. در این تحقیق، برای جمع‌آوری ارقام، جستجو در منابع علمی معتبر بین‌المللی از جمله وب سایت‌های مهم و معتبر؛ مانند Google Scholar، PubMed، Scopus و غیره انجام گرفت. اکثر مقالات انتخاب شده شامل مطالعات منتشر شده در دهه‌ی اخیر و مقالات اصلی مرجع بودند تا اطلاعات به‌روز و قابل اعتماد فراهم شود. پس از انتخاب مقالات مرتبط، اطلاعات کلیدی از هر مقاله استخراج شد. این اطلاعات شامل ویژگی‌های تغذیه‌یی، نیازهای عناصر کم‌نیاز، اثرات کمبود و نتایج تجربی بود. ارقام جمع‌آوری شده سپس خلاصه‌سازی، طبقه‌بندی و دسته‌بندی شدند تا روندها و یافته‌های مشترک به شکل منظم ارائه گردد. در مرحله بعد، اطلاعات استخراج شده تحلیل و تفسیر علمی شد و یافته‌ها با یکدیگر مقایسه گردید تا تصویری جامع از نقش و اهمیت هر عنصر کم‌نیاز در صحت و تولید نشخوارکنندگان ارائه شود. این تحلیل شامل بررسی اثرات تغذیه‌یی، بیولوژیکی و کاربردهای عملی در مدیریت تغذیه حیوانات بود. در این تحقیق مروری، دقت در انتخاب منابع معتبر، تمرکز بر مقالات به‌روز، و تحلیل نظام‌مند ارقام به منظور افزایش اعتبار علمی و کاربردی بودن نتایج مدنظر قرار گرفته است. نتایج این مطالعه می‌تواند به عنوان مرجع علمی برای تحقیقات آینده و مدیریت تغذیه نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار گیرد.

این مطالعه به‌عنوان یک تحقیق مروری دارای محدودیت‌هایی است که باید در تفسیر نتایج مدنظر قرار گیرد. نخست این که اطلاعات گردآوری شده صرف بر اساس منابع منتشر شده در مقالات علمی می‌باشد و امکان بررسی ساحوی یا لابراتواری وجود نداشته است. دوم این که بخشی از مطالعات مورد استفاده ممکن است در شرایط اقلیمی و مدیریتی متفاوت انجام شده باشند که تعمیم نتایج آن‌ها به همه‌ی مناطق، به‌ویژه شرایط بومی افغانستان، با احتیاط صورت گیرد. همچنان، احتمال وجود سوگیری در انتخاب منابع و محدودیت دسترسی به برخی مقالات تخصصی، می‌تواند بر جامعیت نتایج تأثیرگذار

باشد. به همین دلیل، یافته‌های این تحقیق باید به عنوان مبنای نظری برای تحقیقات آینده تلقی گردد و انجام مطالعات ساحوی و لابراتواری در شرایط محلی برای تأیید و تکمیل آن‌ها ضروری است.

تعریف مفاهیم

عناصر مختلف در بدن حیوانات وظایف مختلف را به پیش می‌برد. به اساس ضرورت بدن حیوانات عناصر به دو دسته تقسیم شده است که عبارت است از عناصر کم‌نیاز و عناصر بیش‌نیاز. در ذیل این دو دسته به طوری مفصل تشریح گردیده است (Velladurai.C et al., 2016).

عناصر بیش‌نیاز^۹

این عناصر به مقدارهای بیشتر، معمولاً چندین گرام در روز، نیاز هستند. این‌ها برای وظایف ساختمانی، بیوشیمیکی و تنظیمی بدن بسیار مهم و ضروری اند (Prashanth et al., 2015). منرال‌های مهم بیش‌نیاز شامل کلسیم، فاسفورس، مگنیزیم، سودیم، پوتاشیم، کلورین و سلفر اند که هر کدام آن در تنظیم وظایف مهم بدن دخیل اند که به طور کوتاه در این اینجا یادآوری می‌گردد. کلسیم (Ca) برای ساخت استخوان و دندان، انقباض عضلات، لخته شدن خون و وظایف اعصاب ضروری است. فاسفورس (P) نیز برای ساخت استخوان، متابولیسم انرژی و استحکامیت غشاهای حجروی مهم است. به همین ترتیب، مگنیزیم (Mg) هم در ساخت استخوان، فعال‌سازی آنزیم‌ها و وظایف عضلات و اعصاب نقش مهم دارد. سودیم (Na) که از جمله مهم‌ترین الکترولایت خارج الحجروی نیز شناخته می‌شود در تعادل فشار اسموتیک مایعات بدن (به ویژه خون)، وظایف عصبی و تعادل اسید و قلوی نقش دارد. پوتاشیم (K) که از جمله الکترولایت مهم داخل حجره نیز شناخته می‌شود، وظایف سیستم عصبی، عضلاتی و حفظ تعادل فشار اوسموتیک حجره نقش دارد. کلورین (Cl) در پهلوی وظایف دیگر در تشکیل اسید معده (HCl) نقش داشته و سلفر (S) جزء مهم امینواسیدها (به ویژه امینواسیدهای سلفردار)، ویتامین‌ها و دیگر ترکیبات مهم تلقی می‌گردد (Velladurai.C et al., 2016).

عناصر کم‌نیاز^{۱۰}

این عناصر به مقدارهای کمتر، معمولاً به اندازه میلی‌گرم یا میکرو گرام (μg) در روز نیاز اند. با وجودی که به مقدارهای کم نیاز اند؛ اما برای وظایف بیولوژیکی مختلف به ویژه منحصراً عوامل کمکی آنزیمی ضروری هستند. منرال‌های کم‌نیاز نیز مانند منرال‌های بیش‌نیاز در بدن دارای وظایف مهم و حیاتی می‌باشند که بعضی آن‌ها به شکل کوتاه در اینجا یادآوری می‌گردد. آهن (Fe) برای تولید

^۹ Macro Elements

^{۱۰} Micro elements

هیموگلوبین و میوگلوبین، انتقال اکسیجن و تولید انرژی مهم است. مس (Cu) در میتابولیزم آهن، تولید میلانین (ماده رنگه پوست) و تولید انساج اتصالی نقش دارد. زینک (Zn) یکی دیگر از منرال‌های کم‌نیاز بدن است که برای وظایف سیستم دفاعی بدن، صحت‌مندی پوست و تعامل انزایمی مهم شمرده می‌شود. منگنیز (Mn) هم در تشکیل استخوان، تولیدمثل و میتابولیزم نقش دارد (Sampath et al., 2023). آیودین (I) برای تولید هورمون تیروئید (تیروکسین و ترای آیودوتایرونین) که میتابولیزم بدن را تنظیم می‌کند، ضروری است. سلنیوم (Se) منحنی انتی‌اکسیدانت عمل می‌کند و برای وظایف سیستم دفاعی و تولیدمثل مهم محسوب می‌گردد. کوبالت (Co) برای تولید ویتامین B_{12} ، به ویژه در نشخوارکنندگان مهم است (Radwińska & Żarczyńska, 2015).

عناصر بسیار کم‌نیاز¹¹

به طوری کلی عناصر به دو دسته ماکرو (بیش‌نیاز) و میکرو (کم‌نیاز) تقسیم شده‌اند. دسته سوم عناصر بنام عناصر بسیار کم‌نیاز یاد می‌شود. طوری که از نامش پیدا است، به مقدار بسیار کم مورد نیاز اند و شامل مولبدینیوم، کرومیوم و فلوراید هستند. نقش آن‌ها کمتر شناخته شده است؛ اما فکر می‌شود که به مقدارهای کمی برای پروسه‌های بیولوژیکی خاص ضروری باشند (Kumar Gupta & Vaswani, 2020).

یافته‌ها

قلت عناصر کم‌نیاز در نشخوارکنندگان در اکثریت مناطق جهان، به دلیل فقر خاک و عدم تعادل مواد منرالی در چراگاه‌ها و خوراکه حیوانات رخ می‌دهد. علت اصلی کمبود عناصر کمیاب، کمبود این عناصر در خاک و سنگ یک منطقه محسوب می‌شود (Yatoo, Dimri, and Sharma 2013). کمبود مواد منرالی کم‌نیاز مانند سلنیوم، کوبالت، مس، آیودین و احتمالاً زینک بیشتر به ملاحظه می‌رسد (Blackwood and Duddy 2009).

بی‌نظمی در مقدار عناصر

بی‌نظمی در عناصر بدن چه عناصر بیش‌نیاز، کم‌نیاز و یا بسیار کم‌نیاز باشد، به دو شکل -کاهش و افزایش- رخ می‌دهد. افزایش مواد منرالی به ندرت رخ می‌دهد. مثلاً در شرایطی که مکمل‌های منرالی بیش از حد تغذیه گردد یا حیوان به اشتباه از منابع غنی از نمک یا دیگر عناصر مصرف کند (Marin et al., 2021). اما تجارب نشان می‌دهند که کاهش مواد منرالی در حیوانات نسبت به افزایش

¹¹ Ultra-Trace Elements

آن بیشتر شایع است؛ چون بسیاری حیوانات از علف‌ها و گیاه‌های طبیعی یا منابع محدود تغذیه می‌کنند که به‌طور کامل همه مواد منرالی مورد نیاز بدن آن‌ها را تأمین نمی‌کند

عوامل کمبود مواد منرالی در حیوانات

در بیشتر موارد، کمبود مواد منرالی در حیوانات به دلیل عوامل زیر اتفاق می‌افتد:

نبود تنوع در خوراکه. حیواناتی که از چراگاه‌های طبیعی یا غذای محدود تغذیه می‌کنند، ممکن است نتوانند تمام مواد منرالی مورد نیاز خود را دریافت کنند. به ویژه اگر حیوانات پرتولید باشند.

پایین بودن کیفیت خوراکه. بسیاری از چراگاه‌ها یا علوفه‌های خشک (به ویژه کاه سفید در اکثریت مناطق کشور ما مخصوصاً در فصل خزان و زمستان به حیوانات تغذیه می‌گردد) ممکن مواد منرال مورد نیاز حیوانات، به ویژه در مناطق که خاک آن‌ها فقیر از مواد منرالی است، نداشته باشد (Faraz, 2018).

بلند رفتن نیاز حیوان. در بعضی دوره‌های خاص؛ مانند رشد سریع، حاملگی، شیردهی و تولید مثل، نیاز حیوانات به برخی مواد منرالی، به ویژه مواد منرالی بیش‌نیاز مانند کلسیم، فاسفورس و آهن افزایش می‌یابد. اگر در این دوره‌ها مکمل‌های کافی در دسترس حیوان قرار نگیرد، کمبود شدید مواد منرالی رخ می‌دهد.

رقابت میان عناصر. بعضی عناصر در جذب با دیگر مواد منرالی رقابت می‌کنند؛ یعنی موجودیت یک منرال در جیره جذب منرال دیگر را متأثر یا نهی می‌کند. به طور مثال، افزایش میزان فاسفورس جیره ممکن جذب کلسیم را مختل کند که می‌تواند باعث بروز کمبود کلسیم شود (Faraz, 2018).

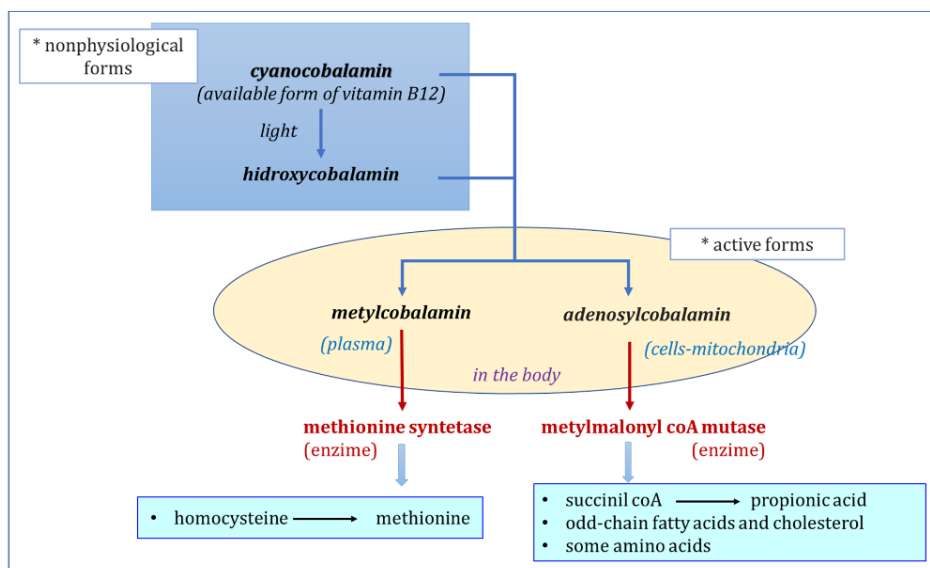
پیامدهای قلت عناصر کم‌نیاز

در زیر قلت عناصر کم‌نیاز (مایکرومنرال‌ها) کوبالت، آیودین، مس و سلنیوم بیان شده است:

کوبالت. کوبالت یک عنصر کم‌نیاز ضروری است که برای تولید ویتامین B_{12} در شکمبه نیاز است. به این اساس، کمبود کوبالت به کمبود کوبالامین (ویتامین B_{12}) منجر می‌شود که این کمبود می‌تواند به صورت کاهش اشتها، ضعف جسمانی^{۱۲}، تجمع شحم در جگر، کم‌خونی، ضعف سیستم دفاعی، کاهش در وظایف تولیدمثل و افزایش مرگ‌ومیر نوزادان تظاهر کند. کوبالت به شکل ویتامین B_{12} نقش مهمی در تولید حجرات سرخ خون دارد (Genchi et al., 2023). نیماتودهای سیستم هضمی نیز جذب ویتامین B_{12} را از روده کاهش می‌دهند و در نتیجه ممکن است کمبود ویتامین B_{12} را سرعت

^{۱۲} Ill Thrift

بیخشد (Axiom, 2023). کوبالت به‌طور مستقیم توسط نشخوارکنندگان استفاده نمی‌شود، بلکه میکروارگانیسم‌های شکمبه آن‌را من حیث پيش ساز تولید ویتامین B_{12} استفاده می‌نمایند؛ نشخوارکنندگان نیز به همین منظور به کوبالت موجود در خوراکه نیاز دارند (Blackwood and Duddy 2009). کمبود کوبالت به‌ویژه در بره‌هایی که بدون مکمل غذایی در چراگاه‌های دارای خاک فقیر از کوبالت چرا می‌کنند، مشاهده می‌شود؛ گوسفندان، گوساله‌ها و گاوها کمتر متأثر می‌گردند. ویتامین B_{12} در شیر ترشح می‌شود. بنابراین، کوبالت تنها زمانی برای گوساله‌ها و بره‌ها ضروری می‌شود که شکمبه‌شان تکامل پیدا کند (Axiom, 2023).



شکل ۱: ویتامین B_{12} و نقش آنها در متابولیسم پستانداران (Gonz et al., 2020)

در گذشته، اندازه‌گیری میزان کوبالت در گوسفند و گاو عمدتاً از طریق اندازه‌گیری سطوح ویتامین B_{12} در سیروم خون انجام می‌شد؛ اما پروتئین‌های پلازمایی وجود دارند که با ویتامین B_{12} متصل می‌شوند و ممکن است از شناسایی آن توسط آزمایش‌های لابراتواری جلوگیری نماید. این مشکل نسبت به گوسفندان در گاوها بیشتر مشاهده می‌شود و به همین دلیل محدوده‌ی مرجع استفاده شده برای ویتامین B_{12} گاوی نسبت به گوسفندان پایین‌تر است (Russell, 2022). همچنین انالوگ‌های ویتامین B_{12} در شکمبه تولید می‌شوند که هیچ فعالیت بیولوژیکی ندارند. به‌ویژه در گاوهایی که جیره غذایی متراکم را مصرف می‌کند و برخی از این انالوگ‌ها توسط آزمایش‌های ویتامین B_{12} شناسایی می‌شوند. در نتیجه گفته می‌توانیم که اندازه‌گیری میزان ویتامین B_{12} سیروم خون به‌ویژه در گاوهای شیری ممکن است غیرقابل اعتماد باشد. حتی در گوسفندان، نتایج باید با احتیاط تفسیر شوند. علاوه بر این، سطح ویتامین

B₁₂ در برهه‌هایی که در چراگاه‌های فقیر از ویتامین B₁₂ چرا می‌کنند، نیز بعد از یک مدت- زمانی که مقدار ذخیره شده آن به مصرف برسد-، کاهش می‌یابد. غلظت کوبالت در جگر احتمالاً نشان‌دهنده‌ی خوبی از میزان کلی ویتامین B₁₂ در یک حیوان است و معتبرترین نشان‌دهنده ارزیابی پاسخ به مکمل ویتامین B₁₂ می‌باشد (Axiom, 2023). تداوی کمبود کوبالت در حیوانات نشخوارکننده شامل در دسترس قرار دادن گلوله‌های شکمبه‌یی با رهاسازی آهسته، واکسیناسیون ویتامین B₁₂ یا لیسک‌های آزاد می‌شوند (Blackwood and Duddy, 2009).

مس: مس یک جزء ضروری انزیم‌هایی است که بخشی از سیستم دفاع انتی‌اکسیدانت را تشکیل می‌دهند. همچنین در تشکیل کولاجن و الاستین نقش دارد و برای تشکیل هیموگلوبین و استفاده مجدد آهن آزاد شده ناشی از تجزیه طبیعی هیموگلوبین ضروری است (Axiom, 2023). مس یک عنصر حیاتی است و در بسیاری از سیستم‌های انزیمی به حیث کوفاکتور نقش بازی می‌کند. سیتوکروم اکسیداز^{۱۳} یک آنزیم ضروری حاوی مس است که برای انتقال الکترون در میتوکندریا و متابولیسم انرژی^{۱۴} ATP مورد نیاز می‌باشد (Kum et al., 2011).

قلت مس یک بیماری متابولیکی اندیمیک در نشخوار کنندگان است که شیوع جهانی دارد (Menzir & Dessie, 2017). کمبود مس ممکن است به صورت ضعف جسمانی، تغییرات در رنگ مو، لنگش مزمن و کم‌خونی در گاوها و همچنین در گوسفندها به صورت ضعف جسمانی، خمیدگی کمر^{۱۵}، غیرنورمالی‌های پشم و احتمالاً ضعف جسمانی بروز کند. کمبود مس ممکن اولیه یا ثانویه باشد. کمبود اولیه زمانی واقع می‌شود که اخذ ناکافی باشد، کمبود ثانویه زمانی اتفاق می‌افتد که استفاده از مس به‌ویژه به دلیل موجودیت مولبدینوم^{۱۶} که اکثر اوقات همراه با سلفیت‌های غیرعضوی یکجا می‌باشد، مختل شود و منجر به تشکیل تیومولبدیت‌ها^{۱۷} گردد. این ترکیبات با اتصال به مس در شکمبه، جذب مس را کاهش می‌دهند و ممکن است در صورت موجودیت در جریان خون، دسترسی به مس پلازما را نیز کاهش دهند. آهن همچنین یک انتاگونیست مهم در جذب مس است (Axiom, 2023). اندازه‌گیری میزان مس در حیوان زنده به‌طور سنتی با استفاده از غلظت‌های مس پلازما انجام می‌شود. ارزیابی میزان مس سیروم به‌عنوان روشی برای ارزیابی سطوح مس نسبت به مس پلازما در جریان خون کمتر مفید است؛ چون سطوح قابل توجه اما متغیر مس در طی پروسه لخته شدن از نمونه خارج

¹³ Cytochrome Oxidase

¹⁴ Adenosine Try Phosphates

¹⁵ Swayback

¹⁶ Molybdenum

¹⁷ Thiomolybdates

می‌شود. این موضوع تا حدی به دلیل اتصال مس به پروتیین فاز حاد^{۱۸} و سرولوپلازمین^{۱۹} است. اندازه‌گیری سطوح مس در جگر میزان دقیق‌تری مس موجود در بدن یک حیوان را ارائه می‌دهد و این کار می‌تواند از طریق بیوپسی^{۲۰} در حیوانات زنده و نمونه‌برداری از حیوانات مرده انجام شود (Axiom, 2023). در کمبود ثانویه‌ی مس اگر تیموملبدیت‌ها در جریان خون وجود داشته باشند، نشانه‌های کمبود ممکن حتی زمانی که سطوح مس پلازما در محدوده‌ی نورمال قرار داشته باشد، نیز بروز کند. در حال حاضر، هیچ روش قابل اعتمادی برای اندازه‌گیری سطوح تیموملبدیت‌ها در پلازما وجود ندارد. ارزیابی پاسخ به مکمل مس در کنار یک گروپ کنترل (بدون مکمل) معتبرترین روش برای ارزیابی کمبود مس است. با این حال، هم گاوها و هم گوسفندان می‌توانند در صورت تجویز مکمل مس بیش از حد، به مسومیت مس مبتلا شوند و مهم است که وضعیت مس قبل از در نظر گرفتن مکمل‌سازی ارزیابی شود (Axiom, 2023).

سلینیوم. سلینیوم یک عنصر کم‌نیاز است که در روندهای مختلف فزیولوژیکی نقش اساسی بازی می‌کند (Wang et al., 2022). اهمیت فزیولوژیکی سلینیوم به دلیل حضور آن در بیش از ۳۰ سلینوپروتیین^{۲۱} است که بیشتر آن‌ها خاصیت انزیمی دارد. گلوکاتایون پراکسیدیز یکی از سلینوپروتیین‌های است که هیموگلوبین و اسیدهای شحمی را در مقابل اکسیدیشن محافظت کرده و رادیکل‌های آزاد را از بین می‌برد (Radwińska and Żarczyńska 2012). طوری که گفته شد، سلینیوم یکی از اجزای انزایم گلوکاتایون پراکسیدیز است که همراه با ویتامین E یک انتی‌اکسیدانت مهم محسوب می‌شود (Axiom, 2023). سلینیوم به عنوان یک انتی‌اکسیدانت قوی در بدن حیوانات و انسان عمل می‌کند و از حجرات بدن در برابر آسیب‌های اکسیداتیف محافظت می‌کند (Kum et al., 2011). میکانیزم عمل سلینیوم به عنوان یک انتی‌اکسیدانت در درجه اول با مشارکت در انزایم به نام گلوکاتایون پراکسیدیز صورت می‌گیرد. این انزایم در تجزیه هایدروجن پراکساید و پراکساید‌های شحمی که در نتیجه روند متابولیک و اکسیداتیف تولید می‌شوند، نقش دارد. در زیر مکانیزم تأثیر سلینیوم منحث یک انتی‌اکسیدانت به شکل کوتاه در چند مرحله توضیح گردیده است (Pecoraro & Leal, 2022):

۱. **تولید گلوکاتایون پراکسیدیز^{۲۲}.** سلینیوم در تولید انزایم گلوکاتایون پراکسیدیز نقش دارد. این انزایم می‌تواند رادیکل‌های آزاد را از طریق ارجاع هایدروجن پراکساید به آب و پراکساید‌های شحمی

¹⁸ Acute Phase

¹⁹ Ceruloplasmin

²⁰ Biopsy

²¹ Selenoproteins

²² Glutathione Peroxidase

کتلاز نمایند. این روند به حجرات کمک می‌کند تا از آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد در امان باشند.

۲. **محافظت از غشاهای حجروی.** لیپیدهای غشای حجروی به دلیل قرارگیری در معرض اکسیجن و رادیکال‌های آزاد ممکن است آسیب ببینند. گلوکاتیون پراکسیداز از این لیپیدها محافظت می‌کند و جلو تخریب غشاها را می‌گیرد.

۳. **کاهش سترس اکسیداتیف.** سلنیوم با از بین بردن پراکسیدهای مضر و رادیکال‌های آزاد، به کاهش سترس اکسیداتیف کمک می‌کند که می‌تواند به پیشگیری از بیماری‌های مزمن و آسیب به اعضا کمک کند.

۴. **نقش در سیستم دفاعی بدن.** سلنیوم باعث تقویت سیستم دفاعی بدن حیوانات نشخوارکننده می‌شود؛ زیرا حجرات سیستم دفاعی به شدت به محافظت در برابر سترس اکسیداتیف نیاز دارند. در نتیجه، موجودیت سلنیوم در بدن، مقاومت سیستم دفاعی در برابر عوامل بیماری‌زا را افزایش می‌دهد.

کمبود سلنیوم به‌طور کلاسیک با دستروفی عضلی تغذیه‌یی مرتبط است. به‌ویژه زمانی که حیوانات جوان برای اولین بار به چراگاه‌های پرآب منتقل می‌شوند (Pecoraro & Leal, 2022). این کمبود هم چنین می‌تواند منجر به ضعف جسمی، عملکرد ضعیف تولیدمثل و در گاوها، ماندن پلاستا در رحم شود. شواهدی نیز وجود دارد که نشان دهنده ارتباط بین کمبود سلنیوم و ضعف سیستم دفاعی است. تحقیقات نشان می‌دهند که ترکیبات سلنیوم در پاسخ‌های سیستم دفاعی هومورال شرکت کرده و غلظت‌های ایمونوگلوبولین را افزایش می‌دهند (Radwińska and Żarczyńska 2012). طوری‌که در بالا نیز تذکر رفت دستروفی عضلی تغذیه‌یی از جمله علایم بارز کمبود سلنیوم در نشخوارکننده‌گان است. دستروفی عضلی تغذیه‌یی^{۲۳} که به نام بیماری عضله سفید^{۲۴} نیز شناخته می‌شود، شایع‌ترین اختلال ناشی از کمبود سلنیوم و ویتامین E است. دستروفی عضلی تغذیه‌یی شامل دجنریش هیالینی عضلات اسکلتی در نواحی مختلف بدن، از جمله دیافراگم، عضله قلب و زبان می‌باشد. این بیماری اکثراً در گوساله‌ها، بره‌ها و بزغال‌های صحت‌مند کمتر از ۶ ماه تشخیص شده است. شایع‌ترین نشانه این بیماری شامل وضعیت نامناسب استادان حیوان با پاهای باز، ستون فقرات خمیده، راه رفتن ناپایدار و زمین‌گیری است. این بیماری بیشتر عضلات ران و ساق را متأثر می‌سازد. تغییرات در عضلات زبان

^{۲۳} Nutritional Muscular Dystrophy

^{۲۴} White muscle disease

باعث مشکلات مکیدن، بلعیدن و خروج شیر از بینی می شود. روند پتولوژیک به دیافراگم و عضله قلب گسترش می یابند و منجر به نفس تنگی، افزایش تعداد تنفس، صدای غیرطبیعی شش ها و سرفه می شوند. بیماری عضله سفید که وظیفه قلب را تحت تأثیر قرار می دهد، منجر به مرگ و میر گسترده حیوانات (تا ۹۰٪) می شود؛ اما در صورتی که فقط عضلات درگیر شوند، کمتر کشنده است. حیوانات جوان مبتلا به کمبود سلنیوم بیشتر مستعد به انکشاف عفونت های تنفسی و سیستم هضمی هستند و کاهش وزن بدن نیز در آن ها گزارش شده است (Radwińska and Żarczyńska 2012).

کمبود سلنیوم معمولاً با محتوای پایین سلنیوم در خاک ها مرتبط است. غلظت های بلند سلفر در محیط که یک انتاگونیست سلنیوم است، به کاهش بیشتر غلظت های سلنیوم منجر می شود. کمبود سلنیوم تمامی انواع حیوانات را متأثر می سازد؛ اما به نظر می رسد نشخوارکنندگان به ویژه گوسفند و بز بیشتر در معرض خطر قرار دارند (Radwińska and Żarczyńska 2012). برای ارزیابی سطح سلنیوم در جریان خون دو روش وجود دارد. سطح انزایم حاوی سلنیوم، گلوکاتیون پراکسیداز که در حجرات سرخ خون یافت می شود، می تواند در خون مکمل اندازه گیری شود و فعالیت این آنزیم به طور مستقیم با سطح سلنیوم خون مرتبط است. اما باید به یاد داشته باشیم که سطح گلوکاتیون پراکسیداز تنها به آرامی (۴ تا ۶ هفته پس از تغییر در مصرف سلنیوم) با تغییر میزان سلنیوم تغییر می کند. اندازه گیری میزان سلنیوم سیروم خون نشان دهنده ی خوبی هرگونه تغییر تازه در میزان سلنیوم است؛ زیرا حیوان در این صورت به سرعت به تجویز سلنیوم پاسخ می دهد (Axiom, 2023).

ویتامین E نقش مکمل اما مستقل از سلنیوم را به عنوان یک انتی اکسیدانت حجروی دارد و بنابراین، باید احتمال کمبود ویتامین E به طور هم زمان با کمبود سلنیوم در نظر گرفته شود. دریافت شده است که وقتی سطح سلنیوم پایین بیاید، سطوح بالاتری از ویتامین E برای جلوگیری از کمبود نیاز است و برعکس نیز گزارش شده است (Pecoraro & Leal, 2022). بنابراین، در موارد مشکوک به کمبود این هر دو که علت دقیق آن شناخته نشده باشد، باید وضعیت هر دو ویتامین E و سلنیوم ارزیابی شود. اندازه گیری سلنیوم در جگر، آزمایش انتخابی برای ارزیابی وضعیت سلنیوم در حیوان خود مرده است (Axiom, 2023).

آیودین. آیودین^{۲۵} یکی از اجزای هورمون تیروکسین است که متابولیسم انرژی را کنترل نموده و برای رشد و نمو جنین ضروری است. کمبود آیودین ممکن اولیه یا ثانویه باشد. کمبود اولیه آیودین به چرای حیوانات در خاک های فقیر از آیودین مرتبط است، طوری که در بعضی مناطق جهان دیده

²⁵ Iodine

می‌شود. کمبود ثانویه‌ی آیودین به مصرف مواد جاغورزاها^{۲۶} ارتباط می‌گیرد. این مواد ممکن است با اختلال در جذب آیودین توسط غده تیروئید (مانند تیوسیانیید یا نیتريتهای موجود در سبزیجات و حبوبات)، آیودین دار نمودن باقی مانده‌های تیروزین در غده تیروئید (مانند ترکیبات تیوراسیل موجود در سبزیجات) و جلوگیری از استفاده دوباره دوران روده‌یی - جگری تیروکسین (مانند فلاونوئیدها در سویا) اثر خود را اعمال کند (Davoodi et al. 2022). کمبود آیودین در گاوها معمولاً به صورت شیوع بلند سقط گوساله‌ها رسیده و تولد گوساله‌های ضعیف با داشتن جاغور بزرگ، مشخص می‌شود. کاهش میل جنسی در گاوها و عدم بروز نشانه‌های بوقه‌طلبی در آن‌ها از دیگر غیرنورمالی‌های تولیدمثلی اند که گزارش شده است. در گوسفندان، بره‌های ضعیف و موی کل با جاغور بزرگ مشاهده می‌شوند. دیگر نشانه‌های گزارش شده شامل طولانی شدن دوره حاملگی و افزایش مرگ‌ومیر نزدیک به زایمان است (Axiom, 2023).

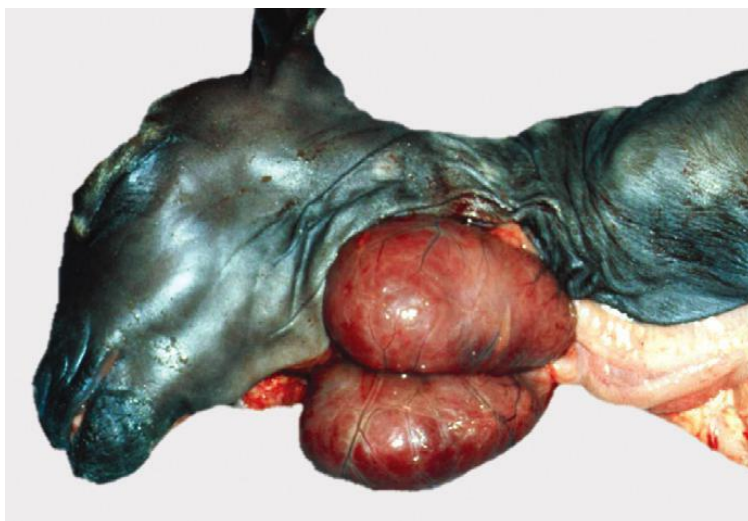
جاغور^{۲۷} یا بزرگ شدن غده تیروئید در حیوانات نشخوارکننده حامله اغلب به دلیل کمبود آیودین در بدن آن‌ها ایجاد می‌شود. آیودین برای تولید هورمون‌های تیروئید (تیروکسین و تری‌آیودوتیرونین) ضروری است. این هورمون‌ها نقش مهمی در تنظیم متابولیسم بدن دارند. در حیوانات حامله، نیاز به آیودین بیشتر می‌شود؛ چون جنین نیز برای رشد به آیودین نیاز دارد. جاغور در حیوانات نشخوارکننده‌ی حامله در چند مرحله انکشاف می‌نماید که در ذیل به شکل کوتاه توضیح داده می‌شود (Zachary and McGavin 2012):

۱. **کاهش آیودین.** زمانی که آیودین کافی در بدن حیوان وجود نداشته باشد، غده تیروئید نمی‌تواند به میزان کافی هورمون تولید کند.
۲. **افزایش تحریک غده تیروئید.** در نتیجه‌ی کمبود هورمون‌های تیروئید، غده هیپوفیز (نخامیه) هورمون به نام هورمون تحریک‌کننده تیروئید^{۲۸} را تولید می‌کند که باعث افزایش فعالیت (تحریک) غده تیروئید می‌شود.
۳. **بزرگ شدن غده تیروئید.** تحریک مداوم توسط TSH باعث رشد و بزرگ شدن (هایپرترافی و هایپرپلازیایی) غده تیروئید می‌شود که به شکل جاغور ظاهر می‌گردد.
۴. **تأثیر روی جنین.** کمبود آیودین و کاهش هورمون‌های تیروئید می‌تواند به رشد ناقص یا مشکلات رشدی در جنین نیز منجر شود (Zachary and McGavin 2012).

^{۲۶} Goitrogens

^{۲۷} Goiter

^{۲۸} Thyroid Stimulating Hormone/ TSH



شکل ۲: کمبود آیودین در جیره غذایی مادر در دوران حاملگی باعث هایپرپلازیا و هایپرتروفی حشرات اپیتلیال فولیکولی غده تیروئید در این بزغاله نوزاد شده و در نتیجه به بزرگ شدن متقارن غدد (جاغور) منجر شده است (Zachary and McGavin 2012)

کمبود آیودین می‌تواند به طرق مختلف ارزیابی شود. در سقط جنین‌های رسیده، نسبت وزن تیروئید به وزن بدن می‌تواند برای نشان دادن احتمالی جاغور استفاده شود که با اندازه‌گیری محتوای آیودین تیروئید و یا هستوپتولوژی تأیید می‌شود. این‌ها آزمایش‌های پس از مرگ هستند؛ اما برای بررسی کمبود آیودین در یک گله مطمئن‌ترین روش محسوب می‌شود (Axiom, 2023). در حیوانات بالغ، سطوح آیودین غیرعضوی پلازما^{۲۹} در نشان دادن مصرف آیودین در چند روز گذشته حساسیت بالایی دارد؛ اما معیاری برای وضعیت آیودین یا تیروئید یک حیوان نیستند (Evglevskiy et al., 2021). پس از افزایش یا کاهش در مصرف آیودین، سطح آیودین غیرعضوی پلازما در ظرف چند ساعت افزایش می‌یابد و ظرف چند روز کاهش می‌یابد. ارقام محدود موجود نشان می‌دهد که می‌توان از محدوده‌های مرجع گاوها به‌طور مؤثر در گوسفندان استفاده نمود. گرفتن سه نمونه از یک گروپ مدیریتی واحد برای ارزیابی اولیه مصرف اخیر آیودین در جیره غذایی کافی است. با این حال، از آنجایی که آیودین به‌طور مؤثر در تیروئید ذخیره می‌شود، باید به این نکته توجه داشت که دوره‌های کوتاه مصرف کم که با اندازه‌گیری‌های آیودین غیرعضوی پلازمای خون پایین مشخص می‌شود، ممکن است هیچ تأثیر کلینیکی مضر نداشته باشد. همچنین، کمبود آیودین ثانویه نیز ممکن است فقط با اندازه‌گیری سطوح آیودین غیرعضوی پلازمای خون مشخص نشود. جاغورهای رایج بر

²⁹ Plasma Inorganic Iodine

جذب آیودین توسط تایروئید و همچنین متابولیسم آیودین داخل تایروئید تأثیر می‌گذارند. بنابراین، اگرچه سطح آیودین غیرعضوی پلازمای خون ممکن است نشان‌دهنده‌ی مصرف مناسب آیودین در جیره غذایی باشد؛ اما ممکن است سطح T_4^{30} در جریان خون پایین باشد. به‌طور مشابه، کمبود سلنیوم در دسترسی به هورمون‌های تایروئیدی اختلال ایجاد می‌کند، بدون اینکه سطح آیودین غیرعضوی پلازمای خون را کاهش دهد (Axiom, 2023).

اندازه‌گیری تایروکسین سیروم خون (T_4) نیز به‌عنوان یکی از روش‌های تشخیص کمبود آیودین استفاده شده می‌تواند. از آنجایی که سطوح T_4 در جریان خون تحت تأثیر عوامل زیادی به غیر از مصرف آیودین قرار دارد؛ مانند مرحله شیردهی، پارازیت‌ها و فصل سال، حساسیت و ویژگی آن پایین است. بنابراین، تفسیر سطح T_4 باید به‌صورت احتمالی باشد، با استفاده از آستانه‌هایی که پایین‌تر از آن‌ها سطح T_4 به‌طور قابل توجهی نشان‌دهنده‌ی کمبود آیودین هستند و با نزدیک شدن به این آستانه‌ها، احتمال کمبود آیودین افزایش می‌یابد. برای جلوگیری از کاهش آیودین باید به حیوان مکمل‌های منرالی داده شود. مانند سایر مواد منرالی کم‌نیاز، پاسخ به مکمل‌سازی یک روش معتبر برای تأیید کمبود آیودین است و مقایسه با یک گروپ کنترل غیر درمان‌شده مفید می‌باشد (Axiom, 2023).

بحث و مناقشه

یافته‌های موجود نشان می‌دهد که عناصر کم‌نیاز مانند مس، کوبالت، آیودین و سلنیوم تأثیر قابل توجهی بر صحت و کارکردگی نشخوارکنندگان دارند؛ اما شدت و نوع اثرات در مطالعات مختلف متفاوت گزارش داده شده است. این اختلافات می‌تواند ناشی از شرایط اقلیمی، وضعیت خاک، نوع علوفه و مدیریت تغذیه‌یی باشد.

به طوری مثال، گزارشات مختلف وجود دارد که کمبود مس در گاوها بیش‌تر با کاهش رشد و ضعف سیستم دفاعی همراه است، در حالی که رادونسکا^{۳۱} و همکارانش (۲۰۱۲) علاوه بر کاهش رشد و ضعف سیستم دفاعی، علایم بروز اختلالات باروری را نیز به‌طور برجسته ذکر کرده‌اند. این تفاوت احتمالاً به شرایط محیطی و سطح نیاز حیوانات در مناطق مختلف بر می‌گردد. کاهش کوبالت مستقیماً سبب کاهش ساخت ویتامین B12 و بروز بی‌اشتهایی می‌شود؛ اما در مطالعات دیگر، نقش این عنصر بیش‌تر به‌عنوان بخشی از سیستم متابولیکی انرژی مورد توجه قرار گرفته است. این موضوع نشان می‌دهد که ارزیابی دقیق کمبود کوبالت نیازمند بررسی هم‌زمان شاخص‌های تغذیه‌یی و کلینیکی است.

³⁰ Thyroxine

^{۳۱} Radwińska & Żarczyńska

کمبرود آیودین نیز در برخی تحقیقات عمدتاً به بروز جاغور و کاهش تولیدمثل نسبت داده شده است در حالی که وان ایمون^{۳۲} و همکارانش (۲۰۲۰) بر نقش آن در صحت نسل بعدی و کیفیت کلستروم (فله) تأکید بیشتر داشته‌اند. این اختلاف دیدگاه بیانگر آن است که تأثیر آیودین فقط به حیوان بالغ محدود نمی‌شود، بلکه پیامدهای بین نسلی نیز دارد. در مورد سلینیوم، یافته‌های مهدی^{۳۳} و همکارانش (۲۰۱۶) کاهش باروری و بیماری عضله سفید را از پیامدهای عمده‌ی کمبود این عنصر دانسته‌اند. در حالی که، کوبالت بیشتر بر نقش سلینیوم در کیفیت شیر و عملکرد سیستم دفاعی تمرکز کرده است. این اختلاف نشان می‌دهد که سلینیوم علاوه بر نقش حفاظتی در برابر استرس اکسیداتیف، در کارایی تولیدی نیز اهمیت ویژه دارد.

این مطالعات نشان می‌دهد که هرچند در تمام این تحقیقات بر اهمیت حیاتی این عناصر کم نیاز اتفاق نظر وجود دارند؛ اما شدت و نوع پیامدهای گزارش شده متفاوت است. این امر تأکید می‌کند که نتایج تحقیقات باید با در نظر گرفتن شرایط جغرافیایی، منابع غذایی و وضعیت مدیریتی منطقه تفسیر شود. بنابراین، نیاز به مطالعات مقایسه‌ی برای طراحی برنامه‌های دقیق‌تر تغذیه‌ی و پیشگیرانه در نشخوارکنندگان احساس می‌گردد.

نتیجه‌گیری

عناصر کم نیاز؛ مانند کوبالت، مس، سلینیوم و آیودین در نشخوارکننده‌گان برای اجرای وظایف نورمال بدن ضروری می‌باشد. کمبود این منرال‌ها، که بیشتر اوقات به دلیل سطح پایین آن‌ها در خاک یا اجزای غذایی رخ می‌دهد، می‌تواند به تدریج از کاهش ذخایر بدن به غیرنورمالی‌های کلینیکی منجر شود. مدیریت درست کاهش منرال‌ها شامل آزمایش کمبودی‌ها است؛ زیرا مداخله زود هنگام می‌تواند از غیرنورمالی‌های وظیفوی و ساختاری جلوگیری کند. آزمایش‌های منظم، فراهم نمودن هدفمند مکمل‌های منرالی و شناخت عوامل که سبب کاهش این مواد در نشخوارکننده‌گان می‌شود، برای حفظ صحت و تولید محصولات حیوانات بسیار مهم است. کوبالت در تشکیل ویتامین B₁₂ نقش دارد و این ویتامین در تولید حجرات سرخ خون در مغز استخوان نقش دارد؛ پس کمبود کوبالت می‌تواند منجر به کم‌خونی در حیوانات نشخوارکننده شود که این نوع کم‌خونی به نام کم‌خونی میگالوبلاستیک نامیده می‌شود. چون حجم حجرات نسبت به حالت نورمال زیاد می‌شود. به همین ترتیب کمبود آیودین که یکی از منرال‌های مهم در ترکیب هورمون‌های تولیدشونده توسط غده تیروئید است، منجر به بزرگ

³² Van Emon et al

³³ Mehdi & Dufrasne

شدن غده تایروئید (جاغور) می‌شود. برای جلوگیری از مشکلات کاهش عناصر کم‌نیاز در وجود نشخوارکنندگان باید به حیوانات مکمل‌های منرالی در نظر گرفته شود.

پیشنهادهات

- استفاده منظم از مکمل‌های معدنی- ویتامینی در خوراکه حیوات به‌ویژه در مناطقی که خاک و علوفه دچار فقر عناصر کم‌نیاز باشد؛
- توجه به کیفیت علوفه و اضافه‌کردن منابع غنی از مس، کوبالت، آیودین و سلنیوم (مانند بلوک‌های معدنی و افزودنی‌های تجارتي) در سیستم‌های پرورش حیوانی؛
- برگزاری برنامه‌های آموزشی برای مالداران در مورد اهمیت عناصر کم‌نیاز، علایم کمبود و روش‌های پیشگیری.

پالیسی‌های حمایتی

- پیشنهاد به نهادهای دولتی و مؤسسات و ترنری برای فراهم‌سازی بسته‌های مکمل معدنی با قیمت مناسب برای مالداران کوچک؛
- ترویج آگاهی‌دهی و آموزش از طریق رسانه‌ها و نهادهای محلی در مورد اهمیت این عناصر برای صحت و تولیدات حیوانی؛
- ایجاد لابراتوارهای ولایتی برای بررسی سطح مواد معدنی در حیوانات و علوفه به‌منظور شناسایی مناطق دارای کمبود این عناصر؛
- حمایت از تحقیقات ملی در زمینه نقش و وضعیت عناصر کم‌نیاز در نشخوارکنندگان افغانستان.

تحقیقات بیشتر

- انجام تحقیقات آینده‌نگر در مورد اثر کمبود ترکیبی این عناصر بر تولیدمثل، رشد، سیستم دفاعی و بهره‌وری اقتصادی نشخوارکنندگان؛

بهبود برنامه‌های ملی تغذیه‌ی حیوانی

ادغام یافته‌های تحقیق در برنامه‌های توسعه‌ی وزارت زراعت و نهادهای صحت حیوانی جهت کاهش خسارات اقتصادی ناشی از کمبود این عناصر.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری همکاران پوهنځی، و تمام کسانی که در اجرای این تحقیق مروری به من یاری نموده، صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم. همچنان از خانواده‌ام به خاطر پشتیبانی معنوی در جریان این تحقیق قدردانی می‌کنم.

سهم نویسندگان

نویسندگان این مقاله در طراحی ساختار این تحقیق، جستجو و جمع‌آوری منابع علمی، تحلیل و ترکیب اطلاعات، نگارش پیش‌نویس مقاله و بازنگری‌های مکرر سهم مساوی داشته‌اند. همچنان، نویسندگان در ویرایش علمی و ادبی متن نقش فعال ایفا نموده و نسخه نهایی مقاله را به دقت مطالعه و تأیید کرده‌اند.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که در ارتباط با موضوع (قلت عناصر کم‌نیاز سلینیوم، ایودین، مس و سلفر در نشخوارکنندگان) هیچ‌گونه تضاد منافع مالی، علمی یا شخصی وجود ندارد.

- Axiom farm fact sheet. (2023). "TRACE ELEMENTS IN RUMINANTS." 1–4. [Link](#)
- Blackwood, I. and G. Duddy. (2009). "Assessing Stock Feed Additives and Mineral Supplements." *Primefacts* (September): 1–6. [Link](#)
- Davoodi, F., Amir Z., Alireza Ro, and Abbas, R. (2022). "Incidence of Iodine Deficiency and Congenital Goitre in Goats and Kids of Darreh Garm Region, Khorramabad, Iran." *Veterinary Medicine and Science* 8(1): 336–42. <https://doi:10.1002/vms3.661>.
- Faraz, A. (2018). "Feed Additives and Their Use in Livestock Feed." *FARMER REFORMER* 3(10): 1–10. <https://doi.org/10.1002/vms3.661>
- Radwińska, J., and Katarzyna, Ż. (2012). "Effects of Mineral Deficiency on the Health of Young Ruminants." *Journal of Elemntology* (3/2014). <https://doi:10.5601/jelem.2014.19.3.620>.
- Spears, J. (2000). "Micronutrients and Immune Function in Cattle." *Proceedings of the Nutrition Society* 59: 587–94. <http://dx.doi.org/10.1017/S0029665100000835>
- Yatoo, Mohd Iqbal, Umesh Dimri, and Mahesh Chandra Sharma. (2013). "Status of Micro Mineral Deficiency in Cattle in Kashmir Valley." *Journal of Animal Health and Production* 1(3): 24–28. [Link](#)
- Genchi, G., Lauria, G., Catalano, A., Carocci, A., & Sinicropi, M. S. (2023). Prevalence of Cobalt in the Environment and Its Role in Biological Processes. *Biology*, 12(10), 1–21. <https://doi.org/10.3390/biology12101335>
- Gonz, J., Escalera-valente, F., Alonso, A. J., Lomillos, J. M., Robles, R., & Alonso, M. E. (2020). *Relationship between Vitamin B12 and Cobalt Metabolism in Domestic Ruminant : An Update*. 1–36. <https://doi.org/10.3390/ani10101855>
- Kum, S., Kum, A., Ahm, W., & Kum, D. (2011). I m p o r t a n c e o f m i c r o m i n e r a l s i n r e p r o d u c t i v e p e r f o r m a n c e o f l i v e s t o c k. *Veterinary World*, Vol.4 No.5 May 2011, 4(5), 230–233. [Link](#)
- Kumar Gupta, P., & Vaswani, S. (2020). Basic information about vanadium "ultra-trace element or occasionally beneficial element" and its various functions in animals: A review article. ~ 645 ~ *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(6), 645–653. [Link](#)
- Marin, E., Ermolaev, V., Marina, O., & Nenashev, I. (2021). Changes in Mineral Blood Exchange in Orthopedically Sick Cows When Using Complex Treatment. *BIO Web of Conferences*, 37. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213700116>
- Menzir, A., & Dessie, D. (2017). International Journal of Advanced Research and Publications Review on Copper Deficiency in Domestic Ruminants. *International Journal of Advanced Research and Publications*, 1(3), 101–110. [Link](#)
- Pecoraro, B. M., & Leal, D. F. (2022). The health benefits of selenium in food animals :

- a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2, 1–11.
<https://doi.org/10.1186/s40104-022-00706-2>
- Prashanth, L., Kattapagari, K. K., Chitturi, R. T., Ramana, V., Baddam, R., & Prasad, L. K. (2015). A review on role of essential trace elements in health and disease. 4(2), 75–85. <https://doi.org/10.4103/2277-8632.158577>
- Radwińska, J., & Żarczyńska, K. (2015). Effects of mineral deficiency on the health of young Ruminants Effects of mineral deficiency on the health of young ruminants. September 2014. <https://doi.org/10.5601/jelem.2014.19.2.620>
- Sampath, V., Sureshkumar, S., Seok, W. J., & Kim, I. H. (2023). Role and functions of micro and macro-minerals in swine nutrition: a short review. *Journal of Animal Science and Technology*, 65(3), 479–489. <https://doi.org/10.5187/jast.2023.e9>
- Velladurai, C. M. Selvaraju, & R. Ezakial Napoleon. (2016). Effects of Macro and Micro Minerals on Reproduction in Dairy Cattle A Review. Ijsrst162117 |. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 2(1), 68–74. [Link](#)
- Wang, F., Sun, N., Zeng, H., Gao, Y., Zhang, N., & Zhang, W. (2022). Selenium Deficiency Leads to Inflammation, Autophagy, Endoplasmic Reticulum Stress, Apoptosis and Contraction Abnormalities via Affecting Intestinal Flora in Intestinal Smooth Muscle of Mice. *Frontiers in Immunology*, 13(July), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.947655>
- Івано-Франківський. (2023). Changes in Lipid and Protein Peroxidation in Blood Serum and Respiratory Lungs Homogenate in Experimental Iodine Deficiency , Insulin Resistance and Their Combination Sof I Ia Petruniak Крові Та Гомогенаті Респіраторного Відділу Легень При Експериментальн. 62–67.
<https://doi.org/10.21802/Acm.2023.2.13>
- Galbat, S. A. (2020). Effect of Some Trace Element Deficiencies on the Reproductive Performance of Cows Innewvalley Governorate. *Assiut Veterinary Medical Journal (Egypt)*, 66(167), 62–68. <https://doi.org/10.21608/AVMJ.2020.168461>
- Galbat, S., Elnaker, Y., Ibrahim, N., & El-Zeftawy, M. (2023). Clinical Study On the Impact of Amino Acids, Multi-Minerals, and Vitamins Combination Against Small Ruminants With Anemia In New Valley Governorate. *New Valley Veterinary Journal*, 3(2), 0–0. <https://doi.org/10.21608/nvvj.2023.215591.1022>
- Kumar, S., Pandey, A. K., Razzaque, W. A. A., & Dwivedi, D. K. (2011). Importance of micro minerals in reproductive: Performance of livestock. *Veterinary World*, 4(5), 230–233. <https://doi.org/10.5455/vetworld.2011.230-233>
- Mehdi, Y., & Dufrasne, I. (2016). *Selenium in Cattle : A Review*.
<https://doi.org/10.3390/molecules21040545>
- Van Emon, M., Sanford, C., & McCoski, S. (2020). Impacts of bovine trace mineral supplementation on maternal and offspring production and health. *Animals*, 10(12), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ani10122404>