Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Ruminant Research

Print ISSN: 2345 - 4261
Online ISSN: 2345 - 4253

The effects of using iodized salt blocks on serum iodine concentration and thyroid hormones in sheep

Alireza Talebian Masoudi[1*]

[1] Assistant Professor, Department of Animal science, Markazi Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, Arak, Iran, Email: armasoudi@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received:
Revised:
Accepted:

Keywords:
Iodized salt block
Iodine supplement
Sheep
Thyroid hormones

ABSTRACT

Background and objectives: Iodine is an essential component of the thyroid hormones (T_3 and T_4), which are vital for mammals. Iodine deficiency leads to insufficient production of thyroid hormones, and all the consequences of iodine deficiency stem from the associated hypothyroidism. Iodization of salt is a useful, simple and common approach to reduce iodine deficiency in the world, and the conversion of iodized salt in powder form into a salt block with free choice consumption by livestock can lead to its easy use. In this study the effect of two types of iodized salt blocks on the prevention of iodine deficiency disorders in livestock was investigated and compared.

Materials and methods: First, salt blocks containing potassium iodate or calcium iodate with an iodine concentration of 110 parts per million were prepared by compressing powdered salt. 63 young, non-pregnant Farahani ewes with similar average body weight (46 ± 4) were randomly divided into three groups of 21 heads each and each group was divided into three replicates of 7 heads each, including the control group and two experimental groups. The experimental period lasted two months. During this period, the animals grazed daily in groups in the pasture, and the time of return from the pasture was separated according to the experimental group and the corresponding replicate, and they were placed in the assigned pens, where they had the access to corresponding rock salt or salt block. The ewes in the control group used ordinary rock salt, the first experimental group used a salt block with potassium iodate and the second experimental group used a salt block with calcium iodate as free choice consumption. The trial period lasted two months, during which the amount of salt consumed, the iodine concentration at the level of salt blocks, the concentration of mineral iodine in the serum and the concentration of the hormones T_3 and T_4 were measured.

Results: The use of both supplements resulted in a significant increase in serum mineral iodine tested at the end of the trial period ($P < 0.01$), and serum mineral iodine concentrations were significantly higher for the calcium iodate supplement than for the potassium iodate supplement ($P < 0.05$). Serum concentrations of T_3 and T_4 also increased in the supplemented groups ($P < 0.05$), but no

PROOF

significant difference was found between these two groups.

Conclusion: Iodized salt blocks prepared with both compounds are a suitable means of supplying iodine to livestock and preventing iodine deficiency disorders. These supplements are easy to use and can replace rock salt and be used as free choice consumption by livestock.

Cite this article: Talebian Masoudi, A.R. (2025). The effects of using iodized salt blocks on serum iodine concentration and thyroid hormones in sheep. *Journal of Ruminant Research*, 13(1), .

© The Author(s).
DOI:
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

PROOF

پژوهش در نشخوارکنندگان
شاپا چاپی: ۴۲۶۱-۲۳۴۵
شاپا الکترونیکی: ۴۲۵۳-۲۳۴۵

اثرات استفاده از بلوک‌های نمکی یددار بر غلظت ید سرم و هورمون‌های تیروئیدی در گوسفند

علیرضا طالبیان مسعودی[1*]

[1] استادیار، بخش علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، ایران، رایانامه: armasoudi@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت:
تاریخ ویرایش:
تاریخ پذیرش:

واژه‌های کلیدی:
بلوک نمکی یددار
گوسفند
مکمل ید
هورمون‌های تیروئیدی

چکیده

سابقه و هدف: سیستم‌های متراکم پرورش طیور به‌خصوص جوجه‌های گوشتی، تولید مقادیر قابل توجهی از کود را به‌همراه دارند که به عنوان خوراک برای نشخوارکنندگان قابل استفاده است. با این ح سابقه و هدف: ید از اجزای ضروری هورمون‌های غده تیروئید (T_3 و T_4) برای زندگی پستانداران است. کمبود ید باعث تولید ناکافی این هورمون‌ها شده که نتیجه کم کاری تیروئید است. ید رسانی از طریق یددار کردن نمک خوراکی، روشی ساده و رایج در دنیا است و تبدیل نمک یددار پودری به شکل بلوک نمکی با مصرف اختیاری توسط دام می‌تواند به سهولت کاربری آن بیانجامد. این تحقیق به‌منظور بررسی و مقایسه تأثیر استفاده از دو نوع بلوک نمکی یددار بر غلظت ید سرم و هورمون‌های تیروئیدی در گوسفند انجام شد.

مواد و روش‌ها: ابتدا بلوک‌های نمکی حاوی یدات پتاسیم یا یدات کلسیم با غلظت ید ۱۱۰ قسمت در میلیون با روش فشرده سازی نمک پودری تهیه شد. در منطقه‌ای که قبلاً کمبود ید در گوسفندان استان مرکزی گزارش شده بود، گلهٔ گوسفند داشتی با سابقه کمبود ید به عنوان گله آزمایشی انتخاب شد. در این گله، ٦٣ رأس میش جوان غیر آبستن از نژاد فراهانی (دوره زایش دو تا سوم) با متوسط وزن بدن مشابه (٤٦ ±٤ کیلوگرم) به‌صورت تصادفی به سه گروه ٢١ رأسی و هر گروه به سه تکرار ٧ رأسی شامل گروه شاهد و دو گروه آزمایشی تقسیم شدند. دوره آزمایش دو ماه بود که طی این مدت، دام‌ها روزانه به شکل گروهی در مرتع چرا می‌نمودند و زمان بازگشت از مرتع بر حسب گروه آزمایشی و تکرار مربوطه جدا سازی شده و وارد آغل‌های اختصاص یافته می‌شدند و دسترسی به سنگ نمک یا بلوک نمکی مورد نظر را داشتند. میش‌های گروه شاهد از سنگ نمک معمولی، گروه آزمایشی اول از بلوک نمکی حاوی یدات پتاسیم و در گروه آزمایشی دوم از بلوک نمکی حاوی یدات کلسیم به شکل مصرف اختیاری استفاده نمودند. که طی آن مقدار مصرف نمک، غلظت ید در سطح بلوک‌های نمکی، غلظت ید معدنی سرم خون و غلظت هورمون‌های T_3 و T_4 مورد سنجش قرار گرفت.

یافته‌ها: استفاده از هر دو مکمل، منجر به افزایش معنی‌دار ید معدنی سرم خون در پایان زمان آزمایش گردید ($P< ۰/۰۱$) و غلظت ید معدنی سرم برای مکمل یدات کلسیم به شکل معنی‌داری بیشتر از مکمل یدات پتاسیم بود ($P<۰/۰۵$). غلظت سرمی T_3 و T_4 نیز در گروه‌های مکمل‌دهی شده افزایش یافت ($P<۰/۰۵$)، لیکن اختلاف معنی‌داری بین این دو گروه مکمل‌دهی شده مشاهده

PROOF

نگردید.

نتیجه‌گیری: بلوک‌های نمکی یددار تهیه شده با هر دو ترکیب، وسیله مناسبی برای ید رسانی به دام و پیشگیری از بروز عوارض کمبود ید هستند. این مکمل‌ها کاربری ساده‌ای داشته و می‌توانند جایگزین سنگ نمک شده و به شکل مصرف اختیاری توسط دام مورد استفاده قرار گیرند.

استناد: طالبیان مسعودی، علیرضا. (۱٤۰٤). اثرات استفاده از بلوک‌های نمکی یددار بر غلظت ید سرم و هورمون‌های تیروئیدی در گوسفند. *پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۱۳(۱)،

DOI:

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

PROOF

مقدمه

ید یک عنصر معدنی کم‌مصرف حیاتی برای ساخت هورمون‌های غده تیروئید شامل تری‌یدوتیرونین[1] و تیروکسین[2] است. این هورمون‌ها نقش عمده‌ای در تمایز بافت، تنظیم حرارت، تنفس سلولی و تولید انرژی ایفا نموده و اثرات گسترده‌ای بر سوخت‌وساز میانی، رشد، نمو، تولید مثل، عملکرد ماهیچه‌ها، سامانه دفاع ایمنی بدن و گردش خون دارند (Sorrenti و همکاران،۲۰۲۱).

کمبود ید که به شکل اوّلیه مرتبط با وضعیت جغرافیایی و کمبود آن در خاک است (Bhardwaj، ۲۰۱۸)، باعث کاهش تولید هورمون‌های تیروئیدی شده، در نتیجه تغییراتی در شکل و وظیفه‌مندی غده تیروئید بوجود آمده و تشکیل تیروکسین کاهش می‌یابد (WHO، ۲۰۰۷). همچنین این کمبود بر سوخت و ساز انرژی، رشد و تمایز سلول تأثیر می‌گذارد که در نشخوارکنندگان به شکل نقصان عملکرد تولیدمثلی و افزایش مرگ‌ومیر نتاج در حوالی زایش تظاهر پیدا می‌نماید (Knowles و Grace، ۲۰۱۵). کمبود ید در انسان از سال ۱۳٤٦ در کشور مورد شناسایی قرار گرفت و در نتیجه آغاز تولید، توزیع و مصرف سراسری نمک یددار در کشور از سال ۱۳٦۸، ایران در سال ۲۰۰۰ میلادی توسط سازمان بهداشت جهانی به عنوان کشوری با مصرف ید کافی در انسان شناخته شد (Delshad و Azizi ، ۲۰۱۷). شورای بین‌المللی کنترل اختلالات ناشی از کمبود ید سازمان بهداشت جهانی توصیه می‌نماید در مناطقی که علائم کمبود ید در انسان مشاهده می‌شود (نظیر کشور ایران)، ید رسانی به انسان و دام هم‌زمان انجام شود، زیرا در چنین مناطقی دام‌های اهلی نیز به‌همان شکلی که در انسان دیده می‌شود، دچار عوارض کمبود ید می‌شوند و کاهش رشد، تولید و باروری همچنین کاهش سطح سلامت در آنها رخ می‌دهد (Dunn و Haar، ۱۹۹۰؛ WHO، ۲۰۰۱؛ WHO، ۲۰۰۷).

با این وجود، متأسفانه برنامه جامعی برای مکمل‌دهی ید به دام‌های کشور در نظر گرفته نشده و این دام‌ها، به‌ویژه گونه‌های وابسته به مراتع، تحت تأثیر اختلالات کمبود ید قرار دارند (Davoodi و همکاران، ۲۰۲۲؛ Talebian Masoudi و همکاران، ۲۰۱۰؛ Alipourzamani و همکاران، ۲۰۱۱؛ Darakhshesh و همکاران، ۲۰۱۱؛ Mostafa Tehrani و Jafari، ۲۰۱٦؛ Rasti Ardakani و همکاران، ۲۰۱۱؛ Jarad و Al Saad، ۲۰۲۳). حتی در مناطق ساحلی کشور که به‌دلیل نزدیکی به دریا احتمال کمبود ید کمتر می‌باشد نیز، گزارشاتی در این زمینه موجود است (Babaheydari و Ghorbani، ۲۰۱۲).

استفاده از نمک یددار راهبردی مؤثر، بی‌خطر و اقتصادی برای یدرسانی و اطمینان از مصرف کافی ید است و به‌عنوان مناسب‌ترین روش مکمل‌دهی ید مورد توجه قرار می‌گیرد (WHO، ۲۰۰۷). مزایای اجرای این برنامه در بخش دام را، افزایش تولد نتاج زنده، افزایش وزن دام و تولید گوشت، افزایش نیروی دام‌های کار، افزایش سلامت، افزایش تولید الیاف و در نتیجه افزایش سود ذکر نمودند (Andersson و همکاران، ۲۰۰۷). ید رسانی به دام، دارای دو مزیّت شامل پیشگیری از عوارض کمبود ید در دام و افزایش سطح ید در فرآورده‌های دامی است که مورد تغذیه انسان قرار می‌گیرند. لذا به‌شکل غیرمستقیم باعث ید رسانی به انسان نیز می‌شود (Mannar و Dunn، ۱۹۹۵؛ Mannar، ۱۹۹٦). این شیوه ید رسانی به انسان یعنی از طریق فرآورده‌های دامی به‌ویژه در کشور ما که مصرف سرانه نمک دو تا سه برابر میانگین جهانی است و توصیه به کاهش مصرف نمک می‌شود، یا در مناطق روستایی و دور افتاده که دسترسی به نمک ید

[1] T_3
[2] T_4

PROOF

دار مقدور نمی‌باشد می‌تواند روش ید رسانی مطلوبی باشد. از جایی که سنگ نمک و استفاده از آن توسط دام به‌شکل اختیاری، به‌خاطر سهولت استفاده و کاربری ساده، شکل غالب نمک مصرفی در واحدهای دامداری است و فاقد ید کافی می‌باشد (Kharazi و Moaveni، ۱۹۹۲)، این پروژه با هدف تهیه بلوک‌های نمکی یددار مناسب برای استفاده در این واحدها (به‌همان شکل سنگ نمک و جایگزینی آن با سنگ نمک) و بررسی اثرات استفاده از آنها در تأمین ید مورد نیاز دام، اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

برای تهیه بلوک‌های نمکی یددار، ابتدا نمک بدون ید پودری با درجه خوراکی و بدون افزودنی ضد کلوخ، از شرکت پارس نمک واقع در شهر صنعتی کاوه شهرستان ساوه تهیه گردید. سپس دو نوع نمک یددار تهیه شد. در نوع اول، ترکیب یدات پتاسیم (بلوک نمکی A) و در نوع دوم ترکیب یدات کلسیم (بلوک نمکی B) با استفاده از روش هندسی افزودن مواد به یکدیگر، مقداری به نمک اضافه شد که غلظت ید در آنها ۱۱۰ قسمت در میلیون باشد. این مقدار با توجه به پیش آزمایش انجام شده درخصوص تعیین مصرف اختیاری بلوک نمکی توسط دام و نیاز روزانه دام به ید به مقدار ۰/۵ میلی‌گرم ید در هر کیلوگرم ماده خشک جیره (NRC، ۲۰۰۷) و در نظر گرفتن کمبود ید در منطقه مورد مطالعه به نحوی تعیین گردید که تمام ید مورد نیاز دام از طریق مکمل تأمین گردد. ترکیبات یددار مورد استفاده از شرکت آلتین شیمی واقع در شهرک صنعتی گنبد، شهرستان گنبد کاووس تهیه گردید. در مرحله بعد قالب فولادی به‌شکل استوانه با قطر ۲۰ سانتی‌متر تهیه گردید و پودر نمک یددار شده در مرحله قبل با استفاده از پرس هیدرولیک با فشار ٦/۲۵ تن بر هر سانتی‌متر مکعب نمک، به‌شکل بلوک نمکی تبدیل شد. برای تعیین مقدار فشار لازم و استحکام محصول نهایی، جرم حجمی محصول نهایی مشابه سنگ نمک طبیعی به‌مقدار ۲/۱٦۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته شد تا مقدار مصرف دام از آن مشابه سنگ نمک معمولی باشد. وزن بلوک‌های نمکی یددار ساخته شده حدود ۱۱-۱۰ کیلوگرم بود.

گلهٔ گوسفند داشتی با سابقه کمبود ید (شامل غلظت ید سرم کم همراه با سقط جنین زیاد بدون علت عفونی) به‌عنوان گله آزمایشی انتخاب شد. ٦۳ رأس میش جوان نژاد فراهانی (دوره زایش دو تا سوم) غیر آبستن با متوسط وزن بدن (٤٦ ±٤ کیلوگرم) به‌صورت تصادفی به سه گروه ۲۱ رأسی و هر گروه به سه تکرار ۷ رأسی تقسیم شدند و دام‌های هر گروه آزمایشی و تکرار مربوطه، با شماره گوش و گردن‌بندهای رنگی نشان‌گذاری شدند. زمان اجرای آزمایش از تیر ماه لغایت شهریور ماه سال ۱٤۰۲ بود که در این مدت، دام‌ها روزانه به شکل گروهی در مرتع چرا می‌نمودند و زمان بازگشت از مرتع بر حسب گروه آزمایشی و تکرار مربوطه جدا سازی شده و وارد آغل‌های اختصاص یافته می‌شدند و دسترسی به سنگ نمک یا بلوک نمکی مورد نظر را داشتند. میش‌های گروه شاهد از سنگ نمک معمولی با مصرف اختیاری استفاده نمودند و در گروه آزمایشی اوّل از بلوک نمکی ساخته شده حاوی یدات پتاسیم و در گروه آزمایشی دوم از بلوک نمکی حاوی یدات کلسیم به شکل مصرف اختیاری استفاده شد. دسترسی دام‌ها به آب آشامیدنی در مرتع و در آغل به شکل آزادانه وجود داشت. مدّت انجام آزمایش دو ماه بود که طی آن، مقدار مصرف سنگ نمک و بلوک‌های نمکی یددار از طریق اختلاف وزن آنها در ابتدا و انتهای دوره (Insoongnern و همکاران، ۲۰۲۱) و غلظت ید در سطح آنها با اخذ نمونه هر ۳۰ روز

یک‌بار تعیین شد و مقدار مصرف روزانه نمک و ید مکمل، با در نظر گرفتن میانگین غلظت ید در سطح مکمل و مقدار مصرف بلوک نمکی در کل دوره محاسبه گردید.

نمونه‌های خون قبل از مکمل‌دهی و در پایان آزمایش جمع‌آوری شد. در هر نوبت مقدار ۱۰ میلی‌لیتر خون از هر رأس میش از سیاهرگ وداج با استفاده از ونوجکت بدون ماده ضد انعقاد اخذ و پس از لخته شدن، برای جداسازی سرم به مدت ۱۵ دقیقه در نیروی g ۱۵۰۰ سانتریفوژ گردید. سرم به‌دست آمده برای تعیین غلظت T_3 و T_4 و همچنین ید معدنی سرم در فریزر در دمای ۲۰- نگهداری شد. اندازه‌گیری هورمون‌های تیروئیدی با استفاده از کیت‌های الیزای اندازه‌گیری T_3 و T_4 گوسفندی، شرکت Biotech Sunlong ساخت کشور چین با استفاده از سامانه RAYTO 2000 صورت گرفت و غلظت ید معدنی سرم به‌وسیله روش اسپکتوفوتومتری بر اساس واکنش سندل- کالتوف اندازه‌گیری شد (Sandell و Kolthoff، ۱۹۳٤). تجزیه‌وتحلیل داده‌های مربوط به غلظت ید معدنی سرم و هورمون‌های تیروئیدی، با استفاده از رویه مدل‌های آمیخته با استفاده از نرم افزار آماری SAS (۹/۱) تجزیه شدند (رابطه ۱) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

$$yij = \mu + Ti + eij \qquad \text{رابطه ۱)}$$

که در این مدل yij: مقدار هر مشاهده ؛ μ : میانگین کل؛ Ti: اثر تیمار و eij: اثر خطای آزمایشی بود.

تجزیه داده‌های مربوط به مصرف نمک یا بلوک‌های نمکی یددار و مصرف ید مکمل، به‌صورت اندازه‌گیری‌های تکرار شده در زمان انجام شد (رابطه ۲).

$$Yijk= \mu + Ti + Bj + TBij + eijk \qquad \text{رابطه ۲)}$$

که در این مدل، Yijk: مقدار هر مشاهده؛ μ: میانگین؛ Ti: اثر تیمار؛ Bj: اثر زمان؛ TBij: برهم کنش تیمار و زمان و eijk: اثر خطای آزمایشی بود.

نتایج و بحث

برای اینکه یک سامانه مکمل مواد معدنی با مصرف آزاد موفق شود، بایستی دام‌ها به مقدار کافی از محصولی که حاوی مقدار مناسب از ماده معدنی برای تأمین احتیاجات است، مصرف نمایند. میانگین مصرف نمک روزانه کل دوره در گروه شاهد ۸/۷۲ گرم و در گروه مکمل A و B به‌ترتیب ۷/۷۰ و ۷/۹۷ گرم در روز بود که تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($P < ۰/۰۵$) به این شکل که هر دو گروه آزمایشی به شکل معنی‌داری مصرف نمک کمتری در مقایسه با گروه شاهد داشتند لیکن اختلاف معنی‌داری بین مکمل Aو B مشاهده نگردید (جدول ۱).

اثر زمان و برهم‌کنش زمان و تیمار نیز در مورد مصرف نمک معنی‌دار نبود. طی مدت آزمایش، هیچگونه شکستگی یا از هم پاشیدگی در ساختمان بلوک‌های نمکی مشاهده نگردید و بلوک‌های تهیه شده تا اتمام دوره آزمایش، استحکام خود را حفظ نمودند. همچنین آثار تکه شدن یا گاز زدن آنها توسط دام مشاهده نشد.

کاهش مصرف بلوک‌های نمکی در مقایسه با سنگ نمک، با توجه به جرم حجمی کمتر آنها، خلاف انتظار بود و می‌تواند به دلیل کمتر بودن خوش‌خوراکی نمک خالص پرس شده در مقایسه با سنگ نمک طبیعی باشد. زیرا مصرف اختیاری بلوک‌های نمکی تحت تأثیر درجه سختی (حل پذیری) و خوش‌خوراکی آنها می‌باشد (Valk و Kogut، ۱۹۹۸). میانگین غلظت ید در سطح بلوک نمکی A در روز ۳۰ و ٦۰ آزمایش به‌ترتیب ۷٤/۱۲ و ۵۹/۵٦ قسمت در میلیون و در سطح بلوک نمکی B، ۹۵/۳٦ و ۹۱/۲۵ قسمت در

PROOF

میلیون بود. با توجه به مقدار مصرف بلوک‌های نمکی یددار و غلظت ید در سطح آنها، میانگین مصرف روزانه ید طی دوره آزمایش در گروه آزمایشی A و B با استفاده از مقدار مصرف نمک و میانگین غلظت ید آن طی دوره‌های نمونه برداری، به ترتیب ۰/٦۱۱ و ۰/۷۸۰ میلی‌گرم محاسبه گردید (جدول ۱) که اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۵).

در نمونه سنگ نمک طبیعی مورد استفاده، ید قابل اندازه‌گیری وجود نداشت که با توجه به حساسیت آزمون به‌کار رفته که حداقل دو میلی‌گرم ید در کیلوگرم می‌باشد، غلظت ید در این سنگ نمک کمتر از ۲ قسمت در میلیون بود.

طی دوره آزمایش، کاهش غلظت ید در سطح بلوک‌های نمکی اتفاق افتاد و شدت این کاهش در مکمل A نسبت به مکمل B بیشتر بود. کاهش غلظت ید در نمک‌های یددار طی زمان نگهداری رخ می‌دهد و افزایش رطوبت، قرار گرفتن در معرض هوا ، گرما و نور می‌تواند آن را تشدید نماید (Abdurrahim و همکاران، ۲۰۲۳؛ Deresa و همکاران، ۲۰۲۳). گزارش شده که بلوک‌های نمکی یددار حاوی یدات پتاسیم که در معرض باد، باران و نور خورشید قرار داشتند، بیش از ۳۳ درصد ید خود را طی ۸ هفته از دست دادند (Diosady و همکاران، ۱۹۹۸). بین ترکیبات مختلف ید از نظر پایداری و احتمال اکسیداسیون در هوا و اتلاف ید تفاوت وجود دارد که باعث کاهش فراهمی ید در مکمل می‌گردد و اشکال آلی ید نسبت به ترکیبات معدنی پایدارتر دانسته شده‌اند (Gogaev و همکاران، ۲۰۲۰)، لذا کاهش غلظت ید در بلوک‌های نمکی که شرایط مشابه داشتند قابل انتظار بوده و ترکیب یدات کلسیم در مکمل B، پایداری بیشتری در شرایط آخور دام و در معرض قرار گرفتن رطوبت، نور، هوا و گرما داشته است.

در بررسی منابع به‌عمل آمده، گزارشی در مورد پایداری یدات کلسیم در نمک یددار یا مقایسه پایداری ید دو ترکیب یدات پتاسیم و یدات کلسیم در نمک یددار مشاهده نشد. لیکن با توجه به اینکه حلالیت یدات کلسیم در آب بسیار کمتر از یدات پتاسیم می‌باشد و جذب رطوبت به‌عنوان یک عامل کلیدی در اتلاف ید موجود در نمک یددار گزارش شده (Diosady و همکاران، ۱۹۹۸)، شاید این موضوع دلیلی بر پایداری بیشتر آن باشد. به‌طور مشابه، در یددار کردن جهانی نمک[3]، شکل یدات نسبت به یدید به‌خاطر حلالیت کمتر و پایداری بیشتر، ترجیح داده می‌شود (Jameson و همکاران، ۲۰۱۵). از طرف دیگر، ترکیب شیمیایی ید نیز می‌تواند بر غلظت ید خون یا شیر تأثیر بگذارد (Siddiqui، ۱۹۹۳).

با توجه به همبستگی مثبت مصرف ید با غلظت ید سرم خون، این فراسنجه به‌عنوان نشانگر زیستی مصرف ید در نظر گرفته شد (Cui و همکاران، ۲۰۱۹). غلظت ید سرم خون در گله انتخاب شده برای آزمایش، ۲۳/۲۱ میکروگرم در لیتر بود که در محدوده کمبود قرار دارد (Knowles و Grace، ۲۰۰۷) . استفاده از هر دو مکمل باعث افزایش معنی‌دار (P<۰/۰۵) غلظت ید سرم خون در گروه‌های آزمایشی نسبت به شاهد گردید که نشان می‌دهد هر دو بلوک نمکی قادر به تأمین ید برای دام طی دوره آزمایش بوده‌اند (جدول۲).

[1] Universal salt iodization

جدول ۱– میانگین مصرف نمک و مصرف ید مکمل طی کل دوره آزمایش

Table 1. Average salt consumption and supplemental iodine consumption during the entire experimental period

Items موارد	Treatments گروه‌های آزمایشی			SEM
	شاهد Control	بلوک نمکی A Salt block A	بلوک نمکی B Salt block B	
مصرف نمک یا بلوک نمکی (گرم در روز) Salt block or salt rock intake (g/d)	8.72[a]	7.70[b]	7.97[b]	0.1603
مصرف ید مکمل (میلی‌گرد در روز) Supplemented iodine intake (mg/d)	0.00*	0.61[b]	0.78[a]	0.0829

Means in the same rows with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

میانگین های هر ردیف با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی دار می باشند($P<۰/۰۵$).

* Concentration of iodine in salt rock < 2mg/Kg

غلظت ید در سنگ نمک کمتر از ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم

این افزایش متناسب با مقدار مصرف ید بود به شکلی که غلظت ید معدنی سرم در گروه مکمل B نسبت به مکمل A بیشتر بود که با توجه به غلظت بیشتر ید در سطح این مکمل و بیشتر بودن دریافت ید توسط این گروه طی دوره آزمایش قابل توجیه می‌باشد، زیرا تغییر در غلظت ید جیره دام به سرعت در سرم خون و شیر دام‌های شیرده منعکس می‌شود (Siddiqui، ۱۹۹۳). افزایش غلظت ید معدنی سرم در گروه شاهد در مقایسه با مقدار اوّلیه نیز می‌تواند به‌دلیل دسترسی به خاک و بستر آغشته شده با ید دفع شده از حیوانات مکمل‌دهی شده باشد (Parker و McCutcheon، ۱۹۸۹). به‌طور مشابه در یک مطالعه، فراهمی ید از یدات کلسیم و یدات پتاسیم با بهره‌گیری از ید نشان‌دار شده در نمک مورد مقایسه قرار گرفت و مشخص شد که جذب و برداشت غده تیروئید از یدات کلسیم به خوبی یدات پتاسیم است (Shenolikar و Rao، ۱۹۷۳) و یدات کلسیم منبع ید مکمل بی‌خطر و قابل استفاده برای دام می‌باشد (FEEDAP، ۲۰۱۳). همچنین، استفاده از دو ترکیب یدید پتاسیم و یدات کلسیم در جیره گاوهای شیرده باعث افزایش غلظت ید شیر گردیده و استفاده از شکل یدات، باعث افزایش غیر معنی‌دار در مقایسه با شکل یدید شد (Franke و همکاران، ۲۰۰۹).

در مطالعه مشابه، افزایش معنی‌دار غلظت ید شیر در گله‌های گوسفند و بز تغذیه شده با بلوک‌های لیسیدنی حاوی ید یا نمک یددارنسبت به سایر گله‌ها گزارش و مشخص شد که استفاده از نمک یددار، باعث افزایش غلظت ید شیر به مقدار ۱۴۲ میکروگرم در لیتر شده، درحالی‌که در گله‌های مکمل‌دهی نشده این غلظت ۱۹ میکروگرم در لیتر بوده است (Trávníček و Kursa، ۲۰۰۱). همچنین، افزایش غلظت ید پلاسما به‌دنبال تغذیه مکمل ید از منبع یدید پتاسیم یا اتیلن دی آمین دی هیدرو یدید متناسب با دز مورد استفاده در گاوهای شیرده گزارش شده است. در این مطالعه غلظت ید پلاسما به سرعت پس از مکمل دهی افزایش یافت و دو هفته پس از آن به حالت ثابت باقی ماند (Swanson و همکاران، ۱۹۹۰).

جدول ۲- میانگین غلظت ید سرم (میکروگرم در لیتر) در گله آزمایشی

Table 2. Average serum iodine concentration (µg/l) in the experimental herd

SEM	گروه‌های آزمایشی Treatments			
	زمان (روز) Time (day)			
	بلوک نمکی B Salt block B	بلوک نمکی A Salt block A	شاهد Control	
	22.85	23.16	23.63	صفر(پایه) 0 (Base)
3.3300	73.91[a]	65.80[b]	29.36[c]	۱۲۰ 120

Means in the same rows with different superscripts are significantly different (P< 0.05).

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌دار می باشند(P <۰/۰۵).

میانگین غلظت هورمون‌های تیروئیدی T_4 و T_3 و نسبت آنها در گروه‌های آزمایشی در پایان آزمایش در جدول ۳ آمده است. در گروه‌های آزمایشی مکمل‌دهی شده، غلظت هورمون T_4 در پایان آزمایش نسبت به گروه شاهد و مقدار پایه به‌شکل معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). لیکن بین دو گروه مکمل‌دهی شده تفاوت معنی‌داری نداشت. غلظت هورمون T_3 نیز در گروه‌های آزمایشی در پایان آزمایش به‌شکل معنی‌داری نسبت به مقدار پایه و گروه شاهد افزایش یافت (P <۰/۰۵). همچنین اختلاف معنی‌داری در غلظت این هورمون بین دو گروه مکمل‌دهی شده مشاهده نگردید. نسبت T_4 به T_3 در گروه‌های مکمل‌دهی شده به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه شاهد بود (P<۰/۰۵) . همچنین این نسبت در گروه مکمل B، به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه مکمل A بود (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین غلظت هورمون T_4 (میکروگرم در دسی‌لیتر)، T_3 (نانوگرم در دسی‌لیتر) و نسبت T_4 به T_3 در پایان آزمایش

Table 3. Average serum T_4 (µg/dl), T_3 (ng/dl) concentrations and T_4/T_3 ratio at the end of trial

زمان (روز) Time (day)	گروه‌های آزمایشی Treatments			SEM
	شاهد Control	بلوک نمکی A Salt block A	بلوک نمکی B Salt block B	
تیروکسین T_4				
صفر 0 (Base)	0.98	1.02	0.95	
۱۲۰ 120	1.22[b]	4.01[a]	3.78[a]	0.200
تری‌یدوتیرونین T_3				
صفر 0 (Base)	31.45	29.14	32.08	
۱۲۰ 120	32.15[b]	69.22[a]	64.31[a]	2.7720
نسبت T_4 به T_3 T_4/T_3 ratio	0.0376[c]	0.055[b]	0.063[a]	0.0021

Means in the same rows with different superscripts are significantly different (P< 0.05).

میانگین های هر ردیف با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی دار می باشند(P <۰/۰۵).

PROOF

غلظت بالاتر هورمون‌های T_3 و T_4 در گروه‌های مکمل‌دهی شده در مقایسه با گروه شاهد در پایان دوره آزمایش نشان می‌دهد که کمبود ید نقش محدود کننده‌ای در تولید این هورمون‌ها داشته است. این نتیجه با مطالعات قبلی که نشان می‌دهد در گوسفندانی که در معرض رژیم غذایی کمبود ید قرار دارند. سطح سرمی T_4 و T_3 به‌طور هم‌زمان کاهش می‌یابد، مطابقت دارد (Ferri و همکاران، ۲۰۰۳) و هنگام تأمین ید از طریق مکمل، تولید هورمون تیروئید افزایش می‌یابد. افزایش تولید هورمون تیروئید پس از مصرف مکمل ید در حیوانات دارای کمبود ید با یافته‌های قبلی نیز مطابقت دارد (Ferri و همکاران، ۲۰۰۳؛ Sargison و همکاران، ۱۹۹۸؛ Davoodi و همکاران، ۲۰۲۲) دارد. همچنین مشابه نتایج این آزمایش، مکمل‌دهی ید باعث افزایش نسبت T_4 به T_3 می‌گردد (Nudda و همکاران، ۲۰۱۳).

مقایسه تولید هورمون‌های تیروئیدی در دو گروه آزمایشی مکمل‌دهی شده تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. این موضوع به‌رغم اختلاف در مقدار دریافت ید طی دوره آزمایش اتفاق افتاد. هموستازی ید در بدن (Kirchgessner و همکاران، ۱۹۹۹) و سازوکار دقیق تنظیم غلظت هورمون‌های تیروئیدی (Preedy و همکاران، ۲۰۰۹؛ Siddiqui، ۱۹۹۳) می‌تواند دلیل این موضوع باشد.

نتیجه‌گیری کلی

بلوک‌های نمکی یددار تهیه شده با هر دو ترکیب یدات پتاسیم یا یدات کلسیم، در افزایش سطح ید معدنی سرم و تولید هورمون‌های تیروئیدی در شرایط کمبود ید در دام موفق عمل نمودند. بلوک‌های نمکی تهیه شده کاربری ساده‌ای دارند و می‌توانند جایگزین سنگ نمک در آخور دام شده و به شکل مصرف اختیاری توسط دام مورد استفاده قرار گیرند. کاهش غلظت ید در این بلوک‌ها که به‌خاطر قرار گرفتن آنها در شرایط نامناسب محیطی مثل نور، گرما، رطوبت و هوا اتفاق می‌افتد، نقطه ضعف این نوع مکمل می‌باشد. بلوک نمکی حاوی یدات کلسیم از این نظر عملکرد بهتری در مقایسه با بلوک نمکی حاوی یدات پتاسیم داشت. استفاده از ترکیبات مقاوم ید در برابر این عوامل یا استفاده از برخی نگهدارنده‌ها می‌تواند این مشکل را کاهش دهد.

سپاسگزاری

از زحمات جناب آقای دکتر فریدون عزیزی رئیس محترم پژوهشکده غدد درون ریز و متابولیسم دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و همکاران محترم به‌خصوص جناب آقای دکتر هدایتی و سرکار خانم قدکساز به‌خاطر انجام آزمایشات کمال تشکر را دارد.

منابع

Abdurrahim, M., Haque, S.E.M., Roy, D.C., Arefin, P., Ruchita, F.F., Sarkar, M.R., & Faroque, A.B.M. (2023). Iodine concentration in edible salt from production to retail level in Bangladeshi territory: A comparative study following standard regulations. *Journal of Food Composition and Analysis,* 120: 105334. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105334.

Alipourzamani, S., Movassagh, M. H., & Nouri, M. (2011). Goiter in the sheep slaughtered in Tabriz slaughterhouse, Iran. *Annals of Biological Research,* 2(3): 242-246.

Andersson, M., De Benoist, B., Darnton-Hill, I., & Delange, F. M. (2007). World Health Organization, and UNICEF. Iodine deficiency in Europe: a continuing public health problem.

Babaheydari, S. B. M., and Ghorbani, G. (2012). Comparison of Iodine Levels in Blood Serum of Dairy Cattle in Hormozgan Province at the Standard Limit. *International Journal of Review in Life Sciences*, 2(3): 36-42.

Bhardwaj, R.K. (2018). Iodine deficiency in goats, in Goat Science. Rijeka, London (UK): *IntechOpen*. https://doi.org/10.5772/intechopen.72728.

PROOF

Cui, T., Wang, W., Chen, W., Pan, Z., Gao, S., Tan, L., and Zhang, W. (2019). Serum iodine is correlated with iodine intake and thyroid function in school-age children from a sufficient-to-excessive iodine intake area. *The Journal of nutrition*, 149(6): 1012-1018.

Darakhshesh, M., Nouri, M., Rezaei, A., and Barati, F. (2011). An abattoir study of ovine maternal and fetal thyroid lesions and the respective serum T3 andT4 Levels in an endemic goiter region in Iran. *Veterinary Research Forum*, 2(3): 167-175.

Dvoodi, F., Zakian, A., Rocky, A., and Raisi, A. (2022). Incidence of iodine deficiency and congenital goitre in goats and kids of Darreh Garm region, Khorramabad, Iran. *Veterinary Medicine and Science*, 8(1): 336-342. https://doi.org/10.1002/vms3.661.

Delshad, H., & Azizi, F. (2017). Review of iodine nutrition in Iranian population in the past quarter of century. *International Journal of Endocrinology and Metabolism*, 15(4). https://doi.org/10.5812/ijem.57758.

Deresa, E. M., Befkadu, D. M., & Hamda, M. G. (2023). Investigation of the effects of heat and light on iodine content of packaged and open salt brands collected from Jimma town. *Heliyon*, 9(10).

Diosady, L. L., Alberti, J. O., Mannar, M. V., and FitzGerald, S. (1998). Stability of iodine in iodized salt used for correction of iodine-deficiency disorders. II. *Food and Nutrition Bulletin*, 19(3): 240-250.

Dunn, J. T., & Haar, F. V. D. (1990). International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders, UNICEF, & World Health Organization. A practical guide to the correction of iodine deficiency.

EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP). (2013). Scientific Opinion on the safety and efficacy of iodine compounds (E2) as feed additives for all species: calcium iodate anhydrous and potassium iodide, based on a dossier submitted by HELM AG. EFSA Journal, 11(2), 3101.

Ferri, N., Ulisse, S., Aghini-Lombardi, F., Graziano, F. M., Di Mattia, T., Russo, F. P. & Fumarola, A. (2003). Iodine supplementation restores fertility of sheep exposed to iodine deficiency. *Journal of Endocrinological Investigation*, 26(11): 1081-1087.

Franke, K., Meyer, U., Wagner, H., Hoppen, H. O., & Flachowsky, G. (2009). Effect of various iodine supplementations, rapeseed meal application and two different iodine species on the iodine status and iodine excretion of dairy cows. *Livestock Science*, 125(2-3): 223-231.

Gogaev, O. K., Demurova, A. R., & Ikoeva, B. K. (2020). The effect of different forms of iodine on the blood parameters of sheep. *Journal of Livestock Science*, 11: 40-44. doi. 10.33259/JLivestSci.2020.40-44.

Insoongnern, H., Srakaew, W., Prapaiwong, T., Suphrap, N., Potirahong, S., & Wachirapakorn, C. (2021). Effect of mineral salt blocks containing sodium bicarbonate or selenium on ruminal pH, rumen fermentation and milk production and composition in crossbred dairy cows. *Veterinary Sciences*, 8(12): 322.

Jameson, J.L., de Kretser, D.M., Grossman, A.B., Potts, J.T., De Groot, J.L., Giudice, L.C., Melmed, S., & Weir, G.C. (2015). Endocrinology: Adult and Pediatric. Endocrinology: Adult and Pediatric. Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/c2012-1-03052-4.

Jarad, A., & Al Saad, K. M. (2023). Goiter in cross breed goat kids at Basrah Province, Iraq. *Archives of Razi Institute*, 78(2): 531.

Kharazi, H., & Moaveni, S. (1992). Measurement of iodine element in salt rock of Garmsar and Semnan mines. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 15(2). (In persian).

Kirchgessner, B. M., He, J., & Windisch, W. (1999). Homeostatic adjustments of iodine metabolism and tissue iodine to widely varying iodine supply in 125I labeled rats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 82(5): 238-250.

Knowles, S. O., & Grace, N. D. (2015). Serum total iodine concentrations in pasture-fed pregnant ewes and newborn lambs challenged by iodine supplementation and goitrogenic kale. *Journal of Animal Science*, 93(1): 425-432. https://doi.org/10.2527/jas2014-7854.

Knowles, S. O., & Grace, N. D. (2007). A practical approach to managing the risks of iodine deficiency in flocks using thyroid-weight: birthweight ratios of lambs. *New Zealand Veterinary Journal*, 55(6): 314-318.

Mannar, M. (1996). The iodization of salt for the elimination of iodine deficiency disorders. In: SOS for a billion. B. Hetzel & C. Pandav (eds). Dehli: Oxford University Press.

Mannar, M. V., & Dunn, J. T. (1995). Micronutrient Initiative, International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders, & UNICEF. Salt iodization for the elimination of iodine deficiency. ICCIDD, NL.

Mostafa Tehrani, A. & Jafari, H. (2016). Assessing mineral status of soil, forage and sheep blood in ehran region of Ilam province. *Applied Animal Science Research Journal*, 17: 25-34. (in Presian).

NRC (National Academy of Science). (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids (Washington DC: National Academies Press). doi: 10.17226/11654.

Nudda, A., Battacone, G., Bomboi, G., Floris, B., Decandia, M., & Pulina, G. (2013). Effect of dietary iodine on thyroid hormones and energy blood metabolites in lactating goats. *Animal*, 7(1): 60-65.

Parker, W. J., & McCutcheon, S. N. (1989). Effects of iodine supplementation on the productivity of Romney ewes in the Wairarapa region of New Zealand. New Zealand Journal of Agricultural Research, 32(2): 207-212.

Preedy, V. R., Burrow, G. N., & Watson, R. R. (Eds.). (2009). Comprehensive handbook of iodine: nutritional, biochemical, pathological and therapeutic aspects. Academic Press.

Rasti Ardakani, M., Ranjbari, A.R., Daraee Garmekhani, A., Gorbani, G. & Garekhani, M. (2011). Investigation of iodine status in blood and milk of industrial dairy cattle farms in Isfahan province. *Journal of Large Animal Clinical Science Research*, 4 (4): 7-16. (In persian).

Sandell, E. B. & Kolthoff, I. M. (1934). Chronometric catalytic method for the determination of micro quantities of iodine. *Journal of the American Chemical Society*, 56 (6):1426.

Sargison, N. D., West, D. M., & Clark, R. G. (1998). The effects of iodine deficiency on ewe fertility and perinatal lamb mortality. *New Zealand Veterinary Journal*, 46(2): 72-75.

Shenolikar, I. S., & Rao, B. N. (1973). A study of availability of iodine from calcium iodate employing 131I-labeled salt. *Journal of Nuclear Medicine*, 14(1): 2-4.

Siddiqui, M. M. (1993). Effects of organic and inorganic iodine supplementation on the performance and immune response of feedlot cattle (Doctoral dissertation, Texas Tech University).

Sorrenti, S., Baldini, E., Pironi, D., Lauro, A., D'Orazi, V., Tartaglia, F., Tripodi, D., Lori, E., Gagliardi, F., Praticò, M. & Illuminati, G., (2021). Iodine: Its role in thyroid hormone biosynthesis and beyond. *Nutrients*, 13(12): 4469.

Swanson, E. W., Miller, J. K., Mueller, F. J., Patton, C. S., Bacon, J. A., & Ramsey, N. (1990). Iodine in milk and meat of dairy cows fed different amounts of potassium iodide or ethylenediamine dihydroiodide. *Journal of dairy science*, 73(2), 398-405.

Talebian Masoudi, A. R., Azizi, F. & Zahedipour, H. (2010). Selenium and iodine status of sheep in the Markazi province, Iran. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 11(1): 78-83.

Trávníček, J., & Kursa, J. (2001). Iodine concentration in milk of sheep and goats from farms in South Bohemia. *Acta Veterinaria Brno*, 70(1): 35-42.

Valk, H. & Kogut, J. (1998). Salt block consumption by high yielding dairy cows fed rations with different amounts of NaCl. *Livestock production science*, 56(1): 35-42.

World Health Organization, International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders, and UNICEF. (2001). Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: a guide for programme managers.

World Health Organization/International Council for the Control of the Iodine Deficiency Disorders/United Nations Childrens Fund (WHO/ICCIDD/UNICEF). Assessment of the iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. Geneva: World Health Organization, 2007.

Proof