Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Ruminant Research

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

The effect of iodine or selenium and iodine on thyroid hormone production under selenium deficiency conditions in Farahani 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: 09/05/2023
Revised: 09/19/2023
Accepted: 10/23/2023

Keywords:
Iodine supplement
Selenium
sheep
Thyroxine
Triiodothyronine

ABSTRACT

Background and objectives: Iodine is a structural component of the thyroid hormones thriiodothyronine (T_3) and thyroxine (T_4), which are essential for the life of mammals. Iodine deficiency leads to insufficient production of thyroid hormones, which is primarily due to the lack of iodine in the soil. Selenium is also involved in the metabolism of thyroid hormones by participating in the construction of selenoproteins that convert the inactive form of T_4 into the active form of T_3. The aim of this study was to investigate the effects of iodine and selenium supplementation on thyroid hormone concentrations of in ewes exposed to iodine deficiency under selenium deficient or sufficient conditions.

Materials and methods: A flock of sheep was selected in an area where selenium and iodine deficiency had been identified. In this flock, 30 young ewes (2-3 births) of Farahani breed with similar body weight (47 ± 6 kg) were randomly divided into three groups, including a control group and two experimental groups. The first and second experimental groups received 390 mg of iodine in the form of fatty acid ethyl ester from safflower oil at the end of gestation at the end of winter season, and the second experimental group received 10 ml of selenium supplement in the form of subcutaneous injection. The concentration of thyroid hormones, including triiodothyronine and thyroxine, inorganic iodine in serum and selenium concentration in blood serum were measured and compared before the beginning of the experiment and monthly until the third month in the experimental groups.

Results: The inorganic iodine concentration in the serum of the experimental animals at the beginning of the experiment was 15.53 µg /L and the selenium concentration in the blood serum was 79.73 ng/ml, both of which were in the deficiency range. Iodine supplementation caused a significant increase in the concentration of inorganic iodine in blood serum in the experimental groups compared to the control group in all three months of sampling ($P< 0.01$). Selenium supplementation also caused a significant increase in blood serum selenium concentration in the selenium+iodine-supplemented group compared with baseline and the control and iodine supplemented groups in all months of the experiment ($P< 0.01$). In the first experimental month

after iodine supplementation, an increase in T4 hormone concentration was observed in the iodine-supplemented group and in the iodine + selenium supplemented group compared with baseline and the control group. The concentration of T_4 hormone was higher in the iodine supplementation group than in the control group and in the iodine + selenium supplementation group in the second and third months. Iodine supplementation increased T3 concentration in the first and second months of the trial compared with baseline, and selenium supplementation also significantly increased T_3 concentration in the first and second months of the trial in the iodine + selenium supplemented group compared with the iodine supplemented group and the control group ($P< 0.01$). The increase in the concentration of thyroid hormones after iodine supplementation showed that the production of these hormones was affected by iodine deficiency. Selenium supplementation increased the concentration of T_3 in the first and second months and decreased the ratio of T_4 to T_3 in the second month. It showed that the effect of iodine supplementation is better in the conditions of selenium sufficiency.

Conclusion: The results indicate the effect of iodine supplementation to increase inorganic iodine concentration in serum, and the increase in thyroid hormone concentration after iodine supplementation indicates the limiting effect of iodine deficiency on the production of these hormones under iodine deficiency conditions. In selenium deficiency, the effect of iodine supplementation on T_3 hormone production may be limited.

Cite this article: Talebian Masoudi, A.R. (2024). The effect of iodine or selenium and iodine on thyroid hormone production under selenium deficiency conditions in Farahani sheep. *Journal of Ruminant Research*, 12(2), 57-74.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejrr.2023.21712.1914

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

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

اثر مکمل ید یا سلنیم و ید بر تولید هورمون‌های تیروئیدی درشرایط کمبود سلنیم در میش‌های داشتی فراهانی

علیرضا طالبیان مسعودی[1*]

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

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۱۴
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۶/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۱

واژه‌های کلیدی:
تیروکسین
تری‌یدوتیرونین
سلنیم
گوسفند
مکمل ید

چکیده

سابقه و هدف: عنصر ید جزء ساختمانی هورمون‌های تیروئیدی شامل تری‌یدوتیرونین (T_3) و تیروکسین (T_4) است که برای حیات پستانداران ضروری است. کمبود ید باعث تولید ناکافی هورمون‌های تیروئیدی می‌شود که به شکل اولیه به‌دلیل فقر آن در خاک رخ می‌دهد. عنصر سلنیم نیز از طریق شرکت در ساختمان سلنوپروتئین‌هایی که شکل غیرفعال T_4 را به شکل فعال T_3 تبدیل می‌نمایند، در سوخت‌وساز هورمون¬های تیروئیدی شرکت می‌کند. لذا کمبود سلنیم می‌تواند تأثیر ید رسانی را با اخلال روبرو سازد. هدف این تحقیق، بررسی اثر مکمل دهی ید و سلنیم بر غلظت هورمون‌های تیروئیدی در میش‌های داشتی در معرض کمبود ید در شرایط کمبود یا کفایت سلنیم بود.

مواد و روش‌ها: یک گله گوسفند داشتی در منطقه‌ای که قبلاً کمبود سلنیم و ید در آن گزارش‌شده است انتخاب گردید. در این گله، تعداد ۳۰ رأس میش جوان (دوره زایش ۲-۳) از توده نژاد فراهانی با وزن بدن مشابه (۶ ± ۴۷ کیلوگرم) به‌صورت تصادفی به سه گروه شامل شاهد و دو گروه آزمایشی (سه تیمار و ۱۰ تکرار) تقسیم شدند. گروه آزمایشی اول و دوم مقدار ۳۹۰ میلی‌گرم ید به شکل اتیل استر اسیدهای چرب روغن دانه گیاه گلرنگ را در اواخر آبستنی در انتهای فصل زمستان و گروه آزمایشی دوم، مقدار ۱۰ میلی‌لیتر مکمل سلنیم به شکل تزریق زیر جلدی دریافت نمودند. مدت زمان اجرای آزمایش سه ماه بود که طی آن غلظت هورمون‌های تیروئیدی شامل تری‌یدوتیرونین و تیروکسین، ید معدنی سرم خون و غلظت سلنیم سرم خون در شروع آزمایش و ماهیانه در گروه‌های آزمایشی اندازه‌گیری و بررسی شد.

یافته‌ها: غلظت ید معدنی سرم در گله آزمایشی در شروع آزمایش ۱۵/۵۳ میکروگرم در لیتر و غلظت سلنیم سرم خون ۷۹/۷۳ نانوگرم در میلی‌لیتر بود که هر دو در محدوده کمبود قرار داشت. مکمل ید باعث افزایش معنی‌دار غلظت ید معدنی سرم خون در گروه‌های آزمایشی نسبت به گروه شاهد در هر سه ماه نمونه‌برداری شد ($P< ۰/۰۱$). مکمل‌دهی سلنیم نیز باعث افزایش معنی‌دار غلظت سلنیم سرم خون در گروه مکمل سلنیم و ید در مقایسه با مقدار پایه و گروه آزمایشی مکمل ید و شاهد در تمام ماه‌های آزمایش گردید ($P< ۰/۰۱$). افزایش غلظت هورمون T_4 در گروه مکمل ید و گروه مکمل ید و سلنیم نسبت به مقدار پایه و گروه شاهد در

ماه اول آزمایش به دنبال مکمل‌دهی ید مشاهده گردید و غلظت این هورمون در ماه دوم و سوم در گروه مکمل ید، بیشتر از شاهد و گروه مکمل ید و سلنیم بود (P< ۰/۰۱). ید رسانی باعث افزایش غلظت T_3 در ماه اول و دوم آزمایش نسبت به مقدار پایه شد و مکمل دهی سلنیم همچنین باعث افزایش معنی‌دار غلظت T_3 در ماه اول و دوم آزمایش در گروه مکمل ید و سلنیم نسبت به گروه مکمل ید و شاهد گردید (P< ۰/۰۱). افزایش غلظت هورمون‌های تیروئیدی به دنبال مکمل‌دهی ید نشان داد که ساخت این هورمون‌ها تحت تأثیر کمبود ید قرار داشته‌اند. مکمل‌دهی سلنیم با افزایش غلظت T_3 در ماه اول و دوم و کاهش نسبت معنی‌دار T_4 به T_3 در ماه دوم، نشان داد که تأثیر ید رسانی در شرایط کفایت سلنیم بهتر صورت می‌گیرد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان‌دهنده تأثیر مکمل ید مورداستفاده در افزایش غلظت ید معدنی سرم است. همچنین افزایش تولید هورمون‌های تیروئیدی به دنبال ید رسانی حاکی از اثر محدودکنندگی کمبود ید برساخت این هورمون‌ها در شرایط کمبود است. در شرایط کمبود سلنیم، اثر مکمل ید بر تولید هورمون T_3 می‌تواند محدود شود. اطمینان از کفایت سلنیم در هنگام مکمل‌دهی ید و مکمل دهی توأم سلنیم و ید در هنگام احتمال کمبود سلنیم پیشنهاد می‌گردد.

استناد: طالبیان مسعودی، علیرضا. (۱۴۰۳). اثر مکمل ید یا سلنیم و ید بر تولید هورمون‌های تیروئیدی در شرایط کمبود سلنیم در میش‌های داشتی فراهانی. *پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۱۲(۲)، ۷۴-۵۷.

DOI: 10.22069/ejrr.2023.21712.1914

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

ید و سلنیم دو عنصر ضروری و کم‌مصرف برای حیات هستند. سلنیم برای حفظ وظایف مختلف سلول نظیر ایمنی، غدد درون‌ریز و مسیرهای ترارسانی پیام[1] ضروری است. این عنصر در ساختمان سلنوپروتئین‌ها (گروهی از پروتئین‌ها که حاوی سلنیم به شکل اسیدآمینه سلنوسیستئین هستند) شرکت می‌کند که نقش مهمی در تولیدمثل، سوخت‌وساز هورمون‌های تیروئیدی، ساخت DNA و محافظت در برابر آسیب اکسیداتیو و عفونت ایفا می‌نمایند (Minich، ۲۰۲۲).

ید نیز جزء ساختمانی ضروری برای ساخت هورمون‌های تیروئید (T_4 و T_3) است. این هورمون‌ها نقش مهمی در تمایز بافت، تنظیم حرارت، تنفس سلولی و تولید انرژی داشته و اثرات گسترده‌ای بر سوخت‌وساز میانی، رشد، نمو، تولیدمثل، عملکرد ماهیچه‌ها، دفاع ایمنی و گردش خون دارند (Stowe و Herdt، ۱۹۹۲). تعداد سه عدد از سلنوپروتئین‌ها بنام یدوتیرونین دیدیناز[2] مسئول تبدیل شکل غیرفعال هورمون T_4 به شکل فعال هورمون T_3 می‌باشد. لذا، در حالی‌که سلنیم خود مستقیماً در سنتز هورمون تیروئید شرکت نمی‌کند، از تبدیل T_4 به هورمون T_3 فعال از طریق فعالیت دیودیناز پشتیبانی می‌نماید. درنتیجه، کمبود سلنیم می‌تواند به‌طور بالقوه بر متابولیسم و عملکرد هورمون‌های تیروئیدی تأثیر بگذارد و در موارد کمبود سلنیم، ممکن است تولید و سوخت‌وساز آن‌ها مختل شود که منجر به مشکلات مربوط به سلامت تیروئید و عوارض کمبود ید شود (Beckett و Arthur، ۲۰۰۵؛ Mojadadi و همکاران، ۲۰۲۱).

کمبود ید در دام‌های مناطقی محتمل است که خاک فقیر از ید است و دام‌ها به خوراک تولیدشده محلی وابسته هستند. در این شرایط معمولاً گواتر در انسان دیده می‌شود (Bhardwaj، ۲۰۱۸). کمبود ید به‌عنوان یک مشکل در انسان از سال ۱۳۴۶ شمسی در کشور شناسایی شد و به‌عنوان یک بار[3] قابل‌توجه به سلامت عمومی در سال ۱۳۶۸ شمسی مورد تصدیق قرار گرفت (Delshad و Azizi، ۲۰۱۷). با توجه به فقر ید در خاک بسیاری از مناطق کشور و توصیه مکمل‌دهی ید به دام‌ها در مناطقی که کمبود ید در انسان مشاهده می‌شود (Dunn و Haar، ۱۹۹۰؛ WHO، ۲۰۰۷) و تصویب قوانین این اقدام در گذشته، متأسفانه برنامه جامعی برای مکمل‌دهی ید به دام‌های کشور اجرا نگردیده و کمبود در آن‌ها به‌ویژه دام‌های مرتع محتمل است و شواهد آن نیز موجود می‌باشد (Davoodi و همکاران، ۲۰۲۲؛Talebian Masoudi و همکاران، ۲۰۱۰).

کمبود سلنیم نیز تحت تأثیر شرایط زمین‌نگاری یا دیگر شرایطی که زیست دسترس‌پذیری آن را کاهش می‌دهد همچنین متأثر از شرایط تولیدی و افزایش نیاز دام به آن، محتمل است. این کمبود در برخی مناطق کشور شناسایی و گزارش‌شده است (Aghajani و همکاران، ۲۰۲۱؛ Talebian Masoudi و همکاران، ۲۰۱۰؛ Karimi-Poor و همکاران، ۲۰۱۱). روغن‌های یددار که از افزودن ید به پیوندهای دوگانه اسیدهای چرب غیر اشباع روغن‌های گیاهی تولید می‌شوند، سالها است که به‌شکل تزریقی یا خوراکی با موفقیت در سراسر جهان برای پیشگیری و کنترل عوارض کمبود ید مورد استفاده قرار می‌گیرند و جایگزین اصلی نمک ید دار هستند (Sankar و همکاران، ۱۹۹۵). شکل تزریقی این مکمل در شرایط چرای دام

[1] Signaling transduction pathways
[2] Iodothyronine deiodinase (DIO_1, DIO_2, and DIO_3)

[3] تأثیر یک مشکل بهداشتی مهم که با هزینه مالی، مرگ و میر، عوارض یا سایر شاخص‌ها اندازه‌گیری می‌شود.

در مرتع که استفاده از مکمل خوراکی با مشکلاتی همراه است، می‌تواند روش ترجیحی باشد که اطمینان از دریافت مقدار موردنظر ید توسط تمامی دام‌های مکمل دهی شده را برای مدت طولانی فراهم آورد (Ingenbleek و همکاران، ۱۹۹۷). اثر مکمل‌دهی ید می‌تواند تحت تأثیر منفی کمبود سلنیم قرار گیرد و در این شرایط علیرغم ید رسانی به دام، پیشگیری از عوارض کمبود ید با اختلال مواجه گردد (Mojadadi و همکاران، ۲۰۲۱). این تحقیق به‌منظور بررسی و مقایسه اثر مکمل‌دهی ید بر تولید هورمون‌های تیروئیدی در شرایط کمبود و کفایت سلنیم در گوسفندان داشتی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه و سابقه گله آزمایشی: این تحقیق در اسفندماه سال ۱۴۰۰ لغایت اردیبهشت‌ماه اجرا ۱۴۰۱ اجرا گردید. ابتدا یک گله گوسفند داشتی باسابقه کمبود سلنیم و ید بر اساس مطالعه قبلی در منطقه‌ای که کمبود این دو عنصر در گوسفندان مشاهده‌شده است، انتخاب گردید (Talebian Masoudi و همکاران، ۲۰۱۰). این منطقه در جنوب غربی استان مرکزی و در حوزه آبریز رودخانه قره چای در شهرستان شازند قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۸۰۰ متر و میانگین بارندگی سالانه آن ۴۲۰ میلی‌متر است. گوسفندان گله انتخاب‌شده تنها از سنگ نمک معمولی استفاده می‌نمودند و هیچ نوع مکمل مواد معدنی در تغذیه آن‌ها استفاده نمی‌شد.

دام‌های آزمایشی و تیمار: تعداد ۳۰ رأس میش جوان (دوره زایش ۲-۳) از نژاد فراهانی با وزن بدن مشابه (۶ ± ۴۷ کیلوگرم) به‌صورت تصادفی به سه گروه شاهد و آزمایشی تقسیم شدند. در شروع آزمایش، گروه آزمایشی اول و دوم مقدار ۳۹۰ میلی‌گرم ید[1] را طی یک نوبت در اواخر آبستنی در انتهای فصل زمستان و گروه آزمایشی دوم، مقدار ۱۰ میلی‌لیتر مکمل سلنیم هر دو به شکل تزریق زیر جلدی (هر میلی‌لیتر حاوی ۰/۵ میلی‌گرم سلنیم به‌صورت سدیم سلنیت و ۵۰ واحد بین‌المللی ویتامین E به‌صورت دی ال آلفاتوکوفریل) دریافت نمودند. دام‌های هر سه گروه به شکل یکسان در شرایط پرورش طی دوره آزمایش قرار داشتند.

جمع‌آوری نمونه: نمونه‌های خون در شروع آزمایش و فواصل ۳۰ روزه طی سه ماه جمع‌آوری شد. ۱۰ میلی‌لیتر خون از هر رأس میش (جمعاً ۳۰ نمونه در هر مرحله) قبل از تغذیه صبحگاهی از طریق ورید وداج به‌وسیله لوله‌های خلأ بدون ماده ضد انعقاد جمع‌آوری شد. پس از لخته شده، سرم خون جداسازی و در فریزر در دمای ۲۰- تا زمان تجزیه آزمایشگاهی نگهداری شد.

تجزیه نمونه‌ها: غلظت هورمون‌های T_4، T_3 و TSH به‌وسیله کیت‌های الایزای تجارتی (T_4 و T_3 گوسفند، Sunlong Biotech, China و TSH گوسفند، Wuhan Fine Biotech, China) طبق دستورالعمل سازنده توسط سامانه الایزا مدل RAYTO 2000 ساخت کشور چین اندازه‌گیری شد.

غلظت ید معدنی سرم به‌وسیله واکنش اکسیداسیون- احیا با روش Sandell و Kolthoff اندازه‌گیری شد (۱۹۳۷) و غلظت سلنیم سرم خون نیز با روش جذب اتمی تعیین گردید (Bye، ۱۹۸۹).

تجزیه آماری

مدل طرح آزمایشی، کاملاً تصادفی با اندازه‌گیری‌های تکرار شده (رابطه ۱) شامل سه گروه آزمایشی در نظر گرفته شد و واحدهای آزمایشی،

[1] $IFAEE_{SSO}$ (اتیل استر اسیدهای چرب روغن دانه گلرنگ)

دام‌های هر گروه بودند که متغیرهای موردنظر طی دوره آزمایش روی آن‌ها اندازه‌گیری شد. قبل از تجزیه واریانس، تمامی متغیرها از نظر طبیعی بودن و همگنی واریانس‌ها مورد آزمون قرار گرفتند و داده‌های ید معدنی سرم به دلیل غیرهمگن بودن واریانس، تبدیل لگاریتمی شدند (Lee، ۲۰۲۰). با توجه به تأثیر مکمل‌دهی در داده‌های ماه‌های بعدی، مدل خود بازگشت درجه اول به داده‌ها برازش شد (رابطه ۲). داده‌ها با استفاده از رویه مخلوط بسته نرم‌افزاری SAS (نسخه ۹/۲) تجزیه آماری شدند و داده‌های پایه به‌عنوان متغیر کمکی مورداستفاده قرار گرفتند. مقایسه میانگین گروه‌های آزمایشی با استفاده از آزمون LSD انجام شد و تصحیح بونفرونی برای متغیرهای چندگانه اعمال گردید.

رابطه ۱) $X_{ijk} = \mu + T_i + e_{ij} + \varepsilon_{ijk}$

که در آن X_{ijk}، مقدار هر مشاهده، μ، میانگین T_i، اثر تیمار، e_{ij} خطای آزمایشی و ε_{ijk}، خطای نمونه‌برداری است.

رابطه ۲) $X(t) = a_0 + a_1 X(t\text{-}1) + Z(t)$

که در آن $X(t)$، سری زمانی ایستا، a_0 و a_1، پارامترهای مدل خودبازگشت و $Z(t)$، خطای تصادفی می‌باشد.

نتایج و بحث

ید معدنی سرم: میانگین غلظت ید معدنی سرم در گله آزمایشی در انتهای فصل زمستان و در ابتدای شروع آزمایش۳/۴۲ ± ۱۵/۵۳ میکروگرم ید در لیتر بود. مکمل‌دهی ید باعث افزایش معنی‌دار غلظت ید معدنی سرم خون در هر دو گروه آزمایشی مکمل‌دهی شده نسبت به گروه شاهد در هر سه ماه نمونه‌برداری شد ($P < ۰/۰۱$) درحالی‌که بین دو گروه آزمایشی مکمل‌دهی شده، تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۱). در این جدول نتایج به شکل تغییریافته لگاریتمی نشان داده‌شده است. به‌منظور امکان تفسیر و مقایسه این نتایج با دیگر پژوهش‌ها، داده‌ها در مقیاس اصلی نیز در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- اثر مکمل‌دهی ید بر غلظت ید معدنی سرم میش‌ها (میکروگرم در لیتر) طی ماه‌های آزمایش (داده‌های تغییریافته لگاریتمی)

Table 1. The effect of iodine supplementation on serum inorganic iodine concentration of ewes (µg/liter) during the months of the experiment (logarithmically transformed data)

گروه‌های آزمایشی Experimental groups	مکمل ید Iodine supplement	مکمل ید+ سلنیم Iodine+Selenium supplements	شاهد Control	SEM
ماه month				
شروع آزمایش (پایه) Baseline	1.18^{Γ}	1.15^{Γ}	1.17^{β}	
1	$2.42^{a\alpha}$	$2.45^{a\alpha}$	$1.45^{b\alpha}$	0.046
2	$1.71^{a\beta}$	$1.74^{a\beta}$	$1.18^{b\beta}$	0.037
3	$1.09^{a\Delta}$	$1.06^{a\Delta}$	$0.49^{b\Gamma}$	0.032

میانگین‌ها با حروف بالانویس متفاوت در ردیف ها از نظر آماری متفاوت هستند ($P< ۰/۰۱$)، تصحیح بونفرونی برای مقایسه‌ها اعمال شده است.

میانگین‌ها با حروف یونانی بالانویس در ستون‌ها از نظر آماری متفاوت هستند($P<۰/۰۵$).

SEM، خطای استاندارد میانگین

Means with different superscript letters in rows are significantly different, $P< 0.01$ (Bonferroni adjustment for comparisons).

Means with different superscript Greek letters in columns are significantly different, $P< 0.05$.

SEM: standard error of the mean

جدول ۲- میانگین (انحراف استاندارد) غلظت ید سرم (میکروگرم در لیتر) گروه‌های آزمایشی طی ماه‌های آزمایش (مقیاس اصلی).
Table 2. Mean (SD) concentrations of serum iodine (µg/L) during experimental months (original scale).

شاهد Control	مکمل ید+ سلنیم Iodine+Selenium supplements	مکمل ید Iodine supplement	گروه های آزمایشی Experimental groups
			ماه month
15.57(±3.69)	15.06(±3.27)	14.92(±2.90)	شروع آزمایش(پایه) Baseline
31.00(±11.25)	291.30(±48.52)	282.60(±76.56)	1
16.50(±5.70)	57.36(±9.17)	52.04(±8.43)	2
3.33(±0.75)	11.80(±2.55)	12.65(±2.82)	3

بیشترین غلظت ید معدنی سرم در ماه اول پس از تزریق مکمل ید در گروه‌های مکمل‌دهی شده مشاهده گردید (۲۸۲/۶۰ و ۲۹۱/۳۰ میکروگرم در لیتر به ترتیب برای گروه مکمل ید و گروه مکمل ید و سلنیم). سپس این غلظت به سرعت در ماه دوم کاهش یافت و این کاهش در ماه سوم با شدت کمتر ادامه یافت تا به مقدار پایه در این گروه‌ها نزدیک شد (جدول ۲). در گروه شاهد نیز در ماه اول، افزایش حدوداً دو برابری غلظت ید معدنی سرم در مقایسه با مقدار پایه مشاهده شد. سپس در ماه دوم تا نزدیکی مقدار پایه کاهش یافت و در ماه سوم به کمترین مقدار رسید (جدول ۲). در کل آزمایش نیز مکمل‌دهی ید باعث افزایش غلظت ید معدنی سرم نسبت به شاهد گردید (جدول ۸).

در شروع آزمایش، غلظت ید معدنی سرم میش‌ها در گله آزمایشی کمتر از ۴۰ میکروگرم در لیتر بود که در محدوده کمبود این عنصر قرار دارد (Knowles و Grace، ۲۰۰۷). مهم‌ترین مزیت روغن‌های یددار، زیست‌فراهمی سریع ید در آن‌ها است. همچنین، یدی که به شکل پیوند کووالان به اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه متصل شده، می‌تواند در بافت‌ها ذخیره گردد و به‌آرامی آزاد شود. لذا فراهمی آهسته رهش و طولانی‌مدت ید را برای نیاز دام فراهم می‌سازد (Ingenbleek و همکاران، ۱۹۹۷).

بیان‌شده که پویایی غلظت ید معدنی سرم بعد از تزریق داخل ماهیچه‌ای اتیل استر اسیدهای چرب ید دار، شبیه به غلظت ید در ادرار می‌باشد و حداکثر آن، ۲۵ روز پس از تزریق مشاهده می‌شود و پس از آن به‌تدریج طی چند ماه به مقدار اولیه بازمی‌گردد (Herzig و همکاران، ۲۰۰۱). روند مشابهی در این آزمایش مشاهده گردید به‌نحوی‌که حداکثر غلظت ید معدنی سرم در ماه اول پس از تزریق مشاهده شد، سپس در ماه دوم به‌سرعت و در ماه سوم با شیب کمتری نسبت به ماه قبل کاهش یافت.

افزایش معنی‌دار و طولانی‌مدت مقدار ید سرم خون حیوانات در نتیجه مکمل‌دهی ید با روغن‌های ید دار، یکی از اثرات به‌خوبی شناخته‌شده و مستند می‌باشد. گزارش‌شده که در گوسفند سالم با کارکرد صحیح غده تیروئید، تزریق داخل ماهیچه‌ای ۱۰ میلی-گرم ید به شکل ید روغنی[1]، به ازای هر کیلوگرم وزن بدن، ید خون را دو تا سه هفته پس از تزریق افزایش داده و این افزایش طی مدت پنج ماه به مقدار پایه بازگشته است (Delange و همکاران، ۲۰۱۳).

در یک مطالعه تزریق ۱/۵ میلی‌لیتر ید روغنی[2] به میش‌های آزمایشی، ید غیرآلی سرم و شیر میش‌ها را به‌ترتیب از ۲/۳۹ و ۱/۲۲ میکروگرم در دسی‌لیتر در گروه شاهد به ۱۱/۲ و ۲۱/۴۴ میکروگرم در دسی‌لیتر

[1] Lipiodol®
[2] Depodine

در گروه آزمایشی، افزایش داد (Talebian Masoudi و Mirshamsollahi، ۲۰۲۲).

جدول ۳- اثر مکمل‌دهی سلنیم بر غلظت سلنیم سرم میش‌ها (نانوگرم در میلی‌لیتر) طی ماه‌های آزمایش

Table 3. The effect of selenium supplementation on serum selenium concentration of ewes (ng/ml) during the months of the experiment

SEM	شاهد Control	مکمل ید+ سلنیم Iodine+Selenium supplements	مکمل ید Iodine supplement	گروه‌های آزمایشی Experimental groups
				ماه month
	79.35^{α}	78.27^{Γ}	81.95^{α}	شروع آزمایش(پایه) Baseline
7.25	$82.32^{b\alpha}$	$160.72^{a\alpha}$	$79.87^{b\alpha}$	1
4.85	$77.81^{b\beta}$	$131.19^{a\beta}$	$78.32^{b\alpha}$	2
5.45	$63.22^{b\beta}$	$123.55^{a\beta}$	$64.74^{b\beta}$	3

میانگین‌ها با حروف بالانویس متفاوت در ردیف ها از نظر آماری متفاوت هستند (۰/۰۱ >P)، تصحیح بونفرونی برای مقایسه ها اعمال شده است.
میانگین‌ها با حروف یونانی بالانویس در ستونها از نظر آماری متفاوت هستند (۰/۰۵>P).
SEM، خطای استاندارد میانگین

Means with different superscript letters in rows are significantly different, $P< 0.01$ (Bonferroni adjustment for comparisons).
Means with different superscript Greek letters in columns are significantly different, $P< 0.05$.
SEM: standard error of the mean

تجویز روغن‌های ید دار باعث افزایش غلظت ید سرم خون متناسب با دُز مورداستفاده می‌گردد و برای مثال گزارش گردیده که تجویز ۳۰۰ یا ۴۰۰ میلی‌گرم ید روغنی[1] متناسب با دُز مورداستفاده توانسته است غلظت ید سرم را تا ۱۶۱ روز بیشتر از گروه شاهد حفظ نماید (Knowles و Grace، ۲۰۱۵). در تحقیقی، غلظت ید سرم میش‌هایی که روغن یددار را دریافت نموده بودند، بین ۱۲۷ تا ۲۰۶ روز بیشتر باقی ماند. اگرچه شدت این افزایش در تمام گله‌ها یکسان نبود و بین پنج برابر تا ۵۰ درصد بیشتر از شاهد متغیر بود (Knowles و Grace، ۲۰۰۷).

همچنین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی روغن‌پایه مثل نوع و مقدار اسیدهای چرب روغن و نحوه اتصال ید به آن‌ها در مکمل، سرنوشت متابولیک مکمل در بدن و ذخیره آن در بافت چربی و نرخ بسیج چربی‌ها از بافت چربی، بر مقدار ید محصول و نحوه و مدت اثر آن تأثیر می‌گذارد (Ingenbleek و همکاران، ۱۹۹۷).

افزایش حدود دو برابری غلظت ید معدنی سرم گروه شاهد در ماه اول در مقایسه با مقدار پایه می‌تواند به دلیل پرورش این گروه همراه با دام‌های مکمل داده‌شده و دسترسی آن‌ها به خاک و بستر آغشته به ید دفع شده از این دام‌ها باشد (Parker و Mc Cutcheon، ۱۹۸۹) و پس از این اثر موقتی، شاهد کاهش غلظت ید سرم دام‌های گروه شاهد در مقایسه با مقدار پایه طی ماه‌های بعدی هستیم که متأثر از تغییر شرایط تغذیه از تغذیه دستی به چرا در مرتعی است که کمبود ید قبلاً در آن گزارش‌شده است (Talebian Masoudi و همکاران، ۲۰۱۰).

مکمل‌دهی سلنیم باعث افزایش معنی‌دار غلظت سلنیم سرم خون در گروه مکمل سلنیم و ید در مقایسه با مقدار پایه و دو گروه آزمایشی دیگر در تمام

[1] AgResearch Ltd. and manufactured by Stockguard Laboratories Ltd. Hamilton, New Zealand

ماه‌های آزمایش گردید (P< ۰/۰۱). تغییرات سلنیم سرم خون طی ماه‌های آزمایش نیز معنی‌دار بود و در گروه مکمل ید در ماه سوم کاهش معنی‌داری را نسبت به دو ماه قبل و مقدار پایه نشان داد. همچنین در گروه شاهد، کاهش معنی‌دار غلظت سرم خون در ماه دوم و سوم آزمایش نسبت به ماه اول و مقدار پایه مشاهده گردید (جدول ۳).

غلظت سلنیم سرم خون در گله آزمایشی در شروع آزمایش (مقدار پایه) در محدوده کمبود سلنیم می‌باشد (Aitken، ۲۰۰۱؛ Stowe و Herdt، ۱۹۹۲). این وضعیت در گروه آزمایشی شاهد و گروه مکمل ید تا انتهای آزمایش ادامه یافت و روند رو به کاهشی را نشان داد. در ماه سوم آزمایش برخی میش‌ها و بره‌ها در گروه شاهد و گروه مکمل ید، علائم بیماری عضله سفید[1] را بروز دادند که کمبود سلنیم در دام‌های این گروه‌ها را تأیید نمود. تغییر شرایط تغذیه از دستی به چرا در مراتعی که قبلاً کمبود سلنیم در دام‌های این مراتع گزارش‌شده است (Talebian Masoudi و همکاران، ۲۰۱۰)، یکی از دلایل وضعیت مشاهده‌شده می‌باشد. همچنین تغییر شرایط فیزیولوژیک میش‌ها از اواخر آبستنی تا شیردهی نیز می‌تواند با افزایش نیاز دام به سلنیم، به شدت این کمبود بیفزاید. تولید آغوز و شیر در میش‌های شیرده، سلنیم خون را از میش مادر برداشت می‌نماید ازاین‌رو میش‌های شیرده در معرض خطر کمبود سلنیم قرار می‌گیرند (Hefnawy و همکاران، ۲۰۰۷).

غلظت هورمون‌های سرم: مکمل‌دهی ید باعث افزایش غلظت هورمون TSH سرم در ماه اول در گروه مکمل ید نسبت به مقدار پایه همچنین نسبت به گروه شاهد گردید، درحالی‌که در گروه مکمل سلنیم و ید، در ماه اول اختلاف معنی‌داری نسبت به مقدار پایه و گروه شاهد مشاهده نگردید. در ماه دوم و سوم غلظت این هورمون در گروه مکمل ید به شکل معنی‌داری کاهش یافت و در ماه دوم به مقدار پایه و در ماه سوم به کمترین مقدار رسید. در گروه مکمل ید و سلنیم نیز، کاهش معنی‌دار غلظت هورمون تنها در ماه سوم مشاهده شد. در گروه شاهد طی ماه‌های آزمایش تغییر معنی‌داری در غلظت هورمون مشاهده نگردید (جدول ۴). در کل آزمایش نیز تغییرات هورمون بین گروه‌های آزمایشی معنی‌دار نبود (جدول ۸).

غلظت هورمون T_4 به شکل معنی‌داری در ماه اول در تمامی گروه‌ها نسبت به مقدار پایه افزایش داشت. همچنین گروه‌های مکمل داده‌شده در این ماه، افزایش معنی‌داری را نسبت به گروه شاهد نشان دادند (۰/۰۱ > P). در ماه دوم غلظت این هورمون در گروه مکمل ید، اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد نداشت، درحالی‌که در گروه مکمل ید و سلنیم کاهش یافت. در ماه سوم، غلظت هورمون در گروه مکمل ید به شکل معنی‌داری بیشتر از دو گروه دیگر بود (جدول ۵). در کل آزمایش نیز گروه مکمل ید افزایش معنی‌دار غلظت هورمون را نسبت به دو گروه آزمایشی دیگر نشان داد (جدول ۸).

غلظت هورمون T_3 در ماه اول و دوم در گروه مکمل ید و سلنیم به‌طور معنی‌داری بیش از مقدار پایه و دو گروه دیگر بود، درحالی‌که در گروه شاهد و گروه مکمل ید، غلظت هورمون در ماه اول و دوم بیشتر از مقدار پایه بود لیکن در ماه سوم اختلاف معنی‌داری با مقدار پایه نداشت (جدول ۶). بین گروه شاهد و گروه مکمل ید نیز اختلاف معنی‌داری طی ماه‌های آزمایش از نظر غلظت هورمون T_3 مشاهده نگردید (جدول ۸).

[1] White muscle disease (WMD)

جدول ۴- اثر مکمل‌دهی ید بر غلظت هورمون TSH میش‌ها (میلی واحد بین‌المللی در لیتر) طی ماه‌های آزمایش

Table 4. Effects of iodine supplementation on concentrations of TSH of ewes (mIU/L) during experimental months.

گروه های آزمایشی Experimental groups	مکمل ید Iodine supplement	مکمل ید+ سلنیم Iodine+Selenium supplements	شاهد Control	SEM
ماه month				
شروع آزمایش (پایه) Baseline	0.13^{β}	0.12^{α}	0.12	
1	$0.22^{a\,\alpha}$	$0.17^{ab\,\alpha}$	0.09^{b}	0.046
2	0.15^{β}	0.14^{α}	0.17	0.037
3	$0.06^{a\,\Gamma}$	0.10^{β}	0.13	0.032

میانگین‌ها با حروف بالانویس متفاوت در ردیف‌ها از نظر آماری متفاوت هستند (P< ۰/۰۱)، تصحیح بونفرونی برای مقایسه‌ها اعمال شده است.

میانگین‌ها با حروف یونانی بالانویس در ستون‌ها از نظر آماری متفاوت هستند (P<۰/۰۵).

SEM، خطای استاندارد میانگین

Means with different superscript letters in rows are significantly different, $P< 0.01$ (Bonferroni adjustment for comparisons).

Means with different superscript Greek letters in columns are significantly different, $P< 0.05$.

SEM: standard error of the mean

جدول ۵- اثر مکمل‌دهی ید بر غلظت هورمون T_4 میش‌ها (میکروگرم در دسی لیتر) طی ماه‌های آزمایش

Table 5. Effects of iodine supplementation on concentrations of T_4 of ewes (µg/dl) during experimental months.

گروه‌های آزمایشی Experimental groups	مکمل ید Iodine supplement	مکمل ید+ سلنیم Iodine+Selenium supplements	شاهد Control	SEM
ماه month				
شروع آزمایش(پایه) Baseline	1.07^{Γ}	1.05^{Γ}	1.10^{β}	
1	$5.13^{a\,\alpha}$	$4.89^{a\,\alpha}$	$3.62^{b\,\alpha}$	0.186
2	$3.83^{a\,\beta}$	$2.35^{b\,\beta}$	$3.11^{ab\,\alpha}$	0.182
3	$1.90^{a\,\Gamma}$	$1.31^{b\,\Gamma}$	$1.02^{b\,\beta}$	0.091

میانگین‌ها با حروف بالانویس متفاوت در ردیف‌ها از نظر آماری متفاوت هستند (P< ۰/۰۱)، تصحیح بونفرونی برای مقایسه‌ها اعمال شده است.

میانگین‌ها با حروف یونانی بالانویس در ستونها از نظر آماری متفاوت هستند (P<۰/۰۵).

SEM، خطای استاندارد میانگین

Means with different superscript letters in rows are significantly different, $P< 0.01$ (Bonferroni adjustment for comparisons).

Means with different superscript Greek letters in columns are significantly different, $P< 0.05$.

SEM: standard error of the mean

مکمل ید باعث افزایش نسبتT_4 به T_3 در ماه اول آزمایش در گروه مکمل ید گردید، در حالی‌که این نسبت در گروه مکمل ید و سلنیم تفاوت معنی‌داری با گروه شاهد نداشت. در ماه دوم این نسبت در گروه مکمل ید و سلنیم، به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه مکمل ید کاهش یافت و در ماه سوم در گروه مکمل ید، این نسبت به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر گروه‌ها بود (جدول ۷).

روند رو به کاهش نسبت T_4 به T_3، طی زمان آزمایش در تمام گروه‌های آزمایشی مشاهده گردید به‌نحوی‌که در گروه شاهد، هر ماه نسبت به ماه قبل به شکل معنی‌داری کاهش یافت. لیکن در گروه مکمل

ید، تنها در ماه سوم نسبت به دو ماه قبل این کاهش مشاهده شد و در گروه مکمل ید و سلنیم نیز در ماه دوم و سوم نسبت به ماه اول این نسبت کمتر بود. در کل آزمایش نیز این نسبت در گروه‌های مکمل داده‌شده بیشتر از گروه شاهد بود (جدول ۸).

جدول ۶- اثر مکمل دهی ید بر غلظت هورمون T_3 میش‌ها (نانوگرم در دسی‌لیتر) طی ماه‌های آزمایش

Table 6. Effects of iodine supplementation on concentrations of T3 of ewes (ng/dl) during experimental months.

SEM	شاهد Control	مکمل ید+ سلنیم Iodine+Selenium supplements	مکمل ید Iodine supplement	گروه‌های آزمایشی Experimental groups
				ماه month
	42.73^{Γ}	41.12^{β}	39.55^{β}	شروع آزمایش(پایه) Baseline
1.90	$64.85^{b\beta}$	$81.32^{a\alpha}$	$71.69^{b\alpha}$	1
1.76	$77.01^{b\alpha}$	$88.02^{a\alpha}$	$79.29^{b\alpha}$	2
1.15	44.45^{Γ}	51.32^{β}	47.56^{β}	3

میانگین‌ها با حروف بالانویس متفاوت در ردیف‌ها از نظر آماری متفاوت هستند (P< ۰/۰۱)، تصحیح بونفرونی برای مقایسه‌ها اعمال شده است.

میانگین‌ها با حروف یونانی بالانویس در ستون‌ها از نظر آماری متفاوت هستند (P<۰/۰۵).

SEM، خطای استاندارد میانگین

Means with different superscript letters in rows are significantly different, $P< 0.01$ (Bonferroni adjustment for comparisons).
Means with different superscript Greek letters in columns are significantly different, $P< 0.05$.
SEM: standard error of the mean

جدول ۷- اثر مکمل‌دهی ید بر نسبت هورمون T_4 به T_3 میش‌ها طی ماه‌های آزمایش

Table 7. Effects of iodine supplementation of ewes on T4 / T3 ratio.

SEM	شاهد Control	مکمل ید+ سلنیم Iodine+Selenium supplements	مکمل ید Iodine supplement	گروه‌های آزمایشی Experimental groups
				ماه month
0.002	$0.055^{b\alpha}$	$0.060^{ab\alpha}$	$0.072^{a\alpha}$	1
0.002	$0.040^{ab\beta}$	$0.026^{b\beta}$	$0.049^{a\alpha}$	2
0.001	$0.023^{b\Gamma}$	$0.022^{b\beta}$	$0.039^{a\beta}$	3

میانگین‌ها با حروف بالانویس متفاوت در ردیف‌ها از نظر آماری متفاوت هستند(P< ۰/۰۱)، تصحیح بونفرونی برای مقایسه‌ها اعمال شده است.

میانگین‌ها با حروف یونانی بالانویس در ستون‌ها از نظر آماری متفاوت هستند (P<۰/۰۵).

SEM، خطای استاندارد میانگین

Means with different superscript letters in rows are significantly different, $P< 0.01$ (Bonferroni adjustment for comparisons).
Means with different superscript Greek letters in columns are significantly different, $P< 0.05$.
SEM: standard error of the mean

در این مطالعه، وضعیت تغذیه و مکمل‌دهی (ید، سلنیم) بر پاسخ غده تیروئید به مکمل ید و تغییرات مشاهده‌شده در هورمون‌های مورد ارزیابی تأثیر گذاشته‌اند. همچنین مهم‌ترین عامل فیزیولوژیک در این رابطه، تغییر شرایط میش‌ها از اواخر آبستنی به زایش و شیردهی بره‌ها بود. تغییر وضعیت تغذیه حیوانات از تغذیه دستی در اواخر زمستان به چرا در فصل بهار و مکمل ید یا سلنیم با اثر مستقیم بر

دام‌های مکمل‌دهی شده یا غیرمستقیم بر گروه شاهد مجموعاً عواملی بودند که بر تغییرات مشاهده‌شده در غلظت هورمون‌های مورد اندازه‌گیری تأثیر داشته‌اند.

افزایش غلظت هورمون TSH در گروه مکمل ید و با شدت کمتر در گروه مکمل ید و سلنیم نسبت به مقدار پایه و گروه شاهد احتمالاً ناشی از اثر Wolff-Chaikoff و ناتوانی غده تیروئید برای نجات یا طولانی شدن زمان نجات از هیپوتیروئیدیسم ناشی از تزریق ید است. به‌هرحال این اثر موقتی بوده و در ماه دوم غلظت TSH کاهش یافت بطوری‌که اختلاف معنی‌داری با مقدار پایه یا گروه شاهد در این ماه نداشت (Chung، ۲۰۱۴؛ Leung و Braverman، ۲۰۱۲). افزایش TSH یا تیروگلوبین به عنوان اولین علامت کاهش تأثیر تزریق روغن‌های ید دار موردتوجه قرارگرفته است (Mirmiran، ۲۰۰۲). در ماه دوم غلظتTSH در گروه مکمل ید و سلنیم، کمتر از گروه مکمل ید و بیشتر از گروه شاهد بود که نشان می‌دهد مکمل سلنیم در کاهش شدت این اثر نقش داشته است (Vasiliu و همکاران، ۲۰۲۰).

علاوه بر این، نقش تنظیم‌کننده اولیه بازخورد TSH در غده هیپوفیز از طریق مهار ساخت TSH به‌وسیله T_3، پس از تصحیح کمبود ید و افزایش ساخت هورمون‌های تیروئید در گروه‌های مکمل‌دهی شده، باعث کاهش غلظت TSH در ماه سوم در این گروه‌ها نسبت به مقدار پایه و گروه شاهد گردیده است (Chung، ۲۰۱۴).

افزایش غلظت هورمون‌های تیروئیدی در گروه‌های مکمل داده‌شده با ید نسبت به شاهد و مقدار پایه نشان می‌دهد که کمبود ید عامل محدودکننده ساخت این هورمون‌ها بوده و پس از رفع این محدودیت، ساخت این هورمون‌ها افزایش‌یافته است. این اثر با شدت کمتر در گروه شاهد که به شکل غیرمستقیم و کمتر، ید را دریافت کرده نیز مشاهده می‌گردد و افزایش غلظت هورمون‌های تیروئیدی نسبت به مقدار پایه در این گروه، مؤید آن است.

این نتیجه با مطالعات قبلی مطابقت دارد که نشان می‌دهند در گوسفندان تغذیه‌شده با جیره کمبود ید، سطوح سرمی T_4 و T_3 هم‌زمان کاهش می‌یابند (Ferri و همکاران، ۲۰۰۳) و در این شرایط پس از مکمل‌دهی ید، تولید هورمون تیروئید افزایش می‌یابد (Davoodi و همکاران، ۲۰۲۲؛ Ferri و همکاران، ۲۰۰۳، Sargison و همکاران، ۱۹۹۷؛ Talebian Masoudi و Mirshamsollahi، ۲۰۲۲). کاهش سطح هورمون TSH و افزایش غلظت هورمون‌های تیروئیدی (T_4 و T_3) مشاهده‌شده در این آزمایش به دنبال تزریق روغن ید دار، با دیگر گزارشات مشابه در این خصوص همخوانی دارد (Azizi و همکاران، ۱۹۹۷؛ Ferri و همکاران، ۲۰۰۳). در حیوانات با کارکرد صحیح غده تیروئید، هورمون آزادکننده تیروتروپین[1] از هیپوتالاموس و TSH از هیپوفیز، در یک سطح متعادل ترشح می‌شوند. هنگامی که سطح یدوتیرونین خون ناکافی باشد (نظیر کم‌کاری تیروئید اولیه)، به خاطر فقدان بازخورد منفی، ترشح TRH افزایش می‌یابد و درنتیجه ترشح TSH تحریک می‌شود تا با تشویق غده تیروئید، T_4 و T_3 بیشتری تولید شود. در پایان، T_3 که به شکل محلی با گیرنده‌های هسته‌ای تداخل می‌یابد، ساخت TRH و TSH را کاهش می‌دهد.

کاهش معنی‌دار غلظت هورمون T_4 در ماه دوم و سوم در گروه مکمل ید و سلنیم نسبت به گروه مکمل ید و افزایش معنی‌دار غلظت هورمون T_3 در ماه اول و دوم در این گروه نشان می‌دهد که مکمل‌دهی سلنیم بر غلظت هورمون‌های تیروئیدی تأثیر گذاشته است.

[1] thyrotrophic-releasing hormone (TRH)

جدول ۸- اثر مکمل‌دهی ید یا ید و سلنیم بر فراسنجه های مورد بررسی طی ماه‌های آزمایش

Table 8. Effects of iodine or iodine+ selenium supplementation on investigated variables.

فراسنجه Parameters	گروه‌های آزمایشی Treatments			SEM	سطح معنی‌داری P value		
	مکمل ید Iodine supplement	ید+ سلنیم Iodine+Selenium supplements	شاهد Control		تیمار Treatment	زمان time	تیمار× زمان Treatment ×Time
ید معدنی سرم* (میکروگرم در لیتر) SII(µg/L)*	1.74 a	1.75 a	1.04 b	0.065	< 0.001	< 0.001	< 0.001
سلنیم سرم خون (نانوگرم در میلی لیتر) Serum selenium(ng/ml)	73.11 b	138.36 a	74.69 b	3.544	< 0.001	< 0.001	< 0.001
TSH (میلی واحد بین المللی در لیتر) TSH (mIU/L)	0.14	0.14	0.12	0.011	0.832	0.041	0.056
تیروکسین (میکروگرم در دسی لیتر) T_4 (µg/dl)	3.61 a	2.85 b	2.57 b	0.162	< 0.001	< 0.001	< 0.001
تری‌یدوتیرونین (نانو گرم در دسی لیتر) T_3(ng/dl)	66.37 b	73.57 a	61.63 b	1.774	< 0.001	< 0.001	0.335
نسبت T_4 به T_3 T_4/T_3 ratio	0.053 a	0.036 a	0.039 b	0.002	< 0.001	< 0.001	0.158

* برپایه داده های لگاریتمی

میانگین‌ها با حروف بالانویس متفاوت در ردیف ها از نظر آماری متفاوت هستند(۰/۰۱ > P).

SEM، خطای استاندارد میانگین

*based on the logarithmically transformed data

Means with different superscript letters in rows are significantly different ($P < 0.01$).

SEM: standard error of the mean

کمبود سلنیم، ساخت هورمون‌های تیروئیدی را به خاطر اختلال در وظیفه سلنوپروتئین‌ها، بخصوص یدوتیرونین دیدینازها که مسئول تبدیل T_4 به T_3 هستند، دچار اختلال می‌کند (Vasiliu و همکاران،۲۰۲۰). مهار تبدیل T_4 به T_3 در نتیجه کمبود سلنیم، افزایش سطح TSH و T_4 و کاهش سطح T_3 را به دنبال دارد در نتیجه نسبت T_4 به T_3 افزایش می‌یابد (Kobayashi و همکاران، ۲۰۲۱؛ Zarbalizadeh-Saed و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین کمبود سلنیم و اثر آن بر تولید هورمون‌های تیروئیدی، به شکل اولیه T_3، باعث تحریک محور هیپوتالاموس-هیپوفیز به خاطر فقدان بازخورد منفی کنترلی شده در نتیجه، تولید TRH و TSH افزایش می‌یابد (Ventura و همکاران، ۲۰۱۷).

در این مطالعه، کمبود سلنیم باعث کاهش تأثیرپذیری مکمل ید به‌ویژه در افزایش غلظت هورمونT_3 علیرغم افزایش مقدار ید معدنی سرم خون شده است و مکمل‌دهی توأم ید و سلنیم، نتیجه ید-رسانی را بهبود بخشیده است. گزارش‌شده که غلظت هورمون T_3 به دنبال مکمل دهی سلنیم در میش‌های آبستن افزایش می‌یابد و این افزایش تا ۸ هفته پس از زایش نسبت به گروه شاهد حفظ می‌گردد همچنین بین غلظت سلنیم شیر میش با غلظت هورمون T_3 در بره‌های گروه مکمل دهی شده با سلنیم، ارتباط وجود دارد درحالی‌که در گروه شاهد این ارتباط منفی گزارش‌شده است (Hefnawy و همکاران، ۲۰۰۷). اگرچه تیروئید عضوی است که بیشترین مقدار سلنیم در هر گرم بافت را دارد و سلنوپروتئین‌های خاصی را بیان می‌کند لیکن مقادیر بسیار جزئی سلنیم برای فعالیت لازم دیودینازها کافی به نظر می‌رسد، بنابراین تأثیر کمبود بالقوه سلنیم بر سنتز هورمون‌های تیروئید محدود می‌باشد و کمبود سلنیم به نظر می‌رسد که بیشتر در ایجاد آسیب به تیروئید نقش داشته باشد و این اثر به خاطر کاهش سطح و درنتیجه فعالیت آنتی‌اکسیدانی گلوتاتیون پراکسیدازها و پخش وسیع پراکسید هیدروژن به داخل پارانشیم تیروئید، التهاب و تخریب آن اتفاق می‌افتد (Gorini و همکاران، ۲۰۲۱؛ Ventura و همکاران، ۲۰۱۸) همچنین، مقدار کافی سلنیم برای اشباع بیان سلنوپروتئین، همراه با مصرف کافی ید و آهن برای حفظ سالم و کارآمد غده تیروئید لازم دانسته شده است (Köhrle، ۲۰۱۵).

نتیجه‌گیری

نتیجه این مطالعه اهمیت و ضرورت مکمل‌دهی سلنیم به میش‌ها در هنگام ید رسانی در نواحی کمبود هر دو عنصر به‌ویژه در اواخر آبستنی و شیردهی و تأثیر مثبت آن بر افزایش غلظت هورمون T_3 را نشان می‌دهد. همچنین نشان می‌دهد که مکمل‌دهی ید در این شرایط احتمالاً نتواند به‌تنهایی باعث افزایش غلظت هورمون T_3 شود.

منابع

Aghajani, S., Hassanpour, H., Amoughli-Tabrizi, B. & Ganjkhanloo, A. (2021). Seasonal Study for Deficiency of Some Trace Elements in Sheep in Talesh Area in 2019-2020. *Journal of Animal Science*, 3 (2): 101-110. (In Presian). https://doi.org/10.22034/AS.2021.39212.1564.

Aitken, P., 2001. Selenium toxicity. *In Practice*, 23(5): 286-289. https://doi.org/10.1136/inpract.23.5.286.

Azizi, F., Kimiagar, M., Ghazi, A. A. & Nafarabadi, M. (1997). The effects of iodized oil injection in eu-and hypothyroid iodine deficient girls. *Journal of Endocrinological Investigation*, 20: 18-23.

Beckett, G. J. and Arthur, J. R. (2005). Selenium and endocrine systems. *Journal of Endocrinology*, 184(3): 455-465. https://doi.org/10.1677/joe.1.05971.

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

Bye, R. (1989). Generation of selenium hydride from alkaline solutions: a new concept of hydride generation atomic absorption technique. *Journal of Automatic Chemistry*, 11: 156-158.

Chung, H. R. (2014). Iodine and thyroid function. *Annals of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 19(1): 8-12. https://doi.org/10.6065/apem.2014.19.1.8.

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

Delange, F., Dunn, J. T. & Glinoer, D. (2013). Iodine deficiency in Europe: a continuing concern (Vol. 241). Springer Science & Business Media.

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.

Dunn, J. T. & Haar, F. V. D. (1990). A practical guide to the correction of iodine deficiency. [Sl]: International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders. https://apps.who.int/iris/handle/10665/39840.

Ferri, N., Ulisse, S., Aghini-Lombardi, F., Graziano, F. M., Di Mattia, T., Russo, F. P., Arizzi, M., Baldini, E., Trimboli, P., Armiento, D. & Fumarola, A. (2003). Iodine supplementation restores fertility of sheep exposed to iodine deficiency. *Journal of Endocrinology Investigation*, 26(11): 1081-1087. https://doi.org/ 10.1007/BF03345254.

Gorini, F., Sabatino, L., Pingitore, A. & Vassalle, C. (2021). Selenium: an element of life essential for thyroid function. *Molecules*, 26(23): 7084.

Hefnawy, A. E., López-Arellano, R., Revilla-Vázquez, A., Ramírez-Bribiesca, E. & Tórtora-Pérez, J.(2007). The relationship between fetal and maternal selenium concentrations in sheep and goats. *Small Ruminant Research*,73:174-80.

Hefnawy, A. E., Youssef, S., Aguilera, P. V., Rodríguez, C. V. & Pérez, J. L. (2014). The relationship between selenium and T3 in selenium supplemented and nonsupplemented ewes and their lambs. *Veterinary Medicine International*. https://doi.org/ 10.1155/2014/105236.

Herzig, I., Pisarikova, B., Diblikova, I. & Suchy, P. (2001). Iodine concentrations in porcine blood, urine, and tissues after a single dose of iodised oil. *Veterinarni Medicina*, 46(6): 153-159. https://doi.org/10.17221/7875-VETMED.

Ingenbleek, Y., Jung, L., Ferard, G., Bordet, F., Dechoux, L. & Goncalves, A. M. (1997). Iodised rapeseed oil for eradication of severe endemic goitre. *The Lancet*, 350: 1542-1545.

Karimi-Poor, M., Tabatabaie, S. N., Zamani, F., Pirestani, A. & Bahrami, Y. (2011). Investigation of selenium concentration of sheep's diet, blood and milk in different regions from a central state of Iran. *Annals of Biological Research*, 2(3): 51-61.

Kobayashi, R., Hasegawa, M., Kawaguchi, C., Ishikawa, N., Tomiwa, K., Shima, M. & Nogami, K. (2021). Thyroid function in patients with selenium deficiency exhibits high free T4 to T3 ratio. *Clinical Pediatric Endocrinology*, 30(1):19-26. https://doi.org/10.1297/cpe.30.19.

Köhrle, J. (2015). Selenium and the thyroid. *Current Opinion in Endocrinology and Diabetes and Obesity*, 22(5): 392-401.

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.

Lee, D. K. (2020). Data transformation: a focus on the interpretation. *Korean Journal of Anesthesiology*, 73(6): 503-508.

Leung, A. M. & Braverman, L. E. (2012). Iodine-induced thyroid dysfunction. *Current Opinion in Endocrinology and Diabetes*, 19(5): 414-419. https://doi.org/10.1097/MED.0b013e3283565bb2.

Minich, W.B. (2022). Selenium Metabolism and Biosynthesis of Selenoproteins in the Human Body. Biochemistry Moscow 87 (Suppl 1), S168–S177 (2022). https://doi.org/10.1134/S0006297922140139.

Mirmiran, P., Kimiagar, M. & Azizi, F. (2002). Three-year survey of effects of iodized oil 8injection in schoolchildren with iodine deficiency disorders. *Experimental and Clinical Endocrinology and Diabetes*, 110(08): 393-397. https://doi.org/10.1055/s-2002-36425.

Mojadadi, A. Au, A. Salah, W. Witting, P. & Ahmad, G. (2021). Role for Selenium in Metabolic Homeostasis and Human Reproduction. *Nutrients*, 13: 3256. https://doi.org/10.3390/nu13093256.

Parker, W. J. & Mc Cutcheon, 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. https://doi.org/10.1080/00288233.1989.10423455.

Sandell, E.B. & Kolthoff, I.M. (1937). Micro determination of iodine by a catalytic method. *Microchimica Acta*,1: 9-25.

Sankar, R., Pandav, C. S., Ahmed, F. U., Pralhad Rao, Dwivedi, M. P., Desai, V., Karmarka, M. G. & Nath, L. M. (1995). Review of experiences with iodized oil in national programmes for control of iodine deficiency disorders. *The Indian Journal of Pediatrics*, 62(4): 381-393.

Sargison, N. D., West, D. M. & Clark, R. G., 1997. An investigation of the possible effects of subclinical iodine deficiency on ewe fertility and perinatal lamb mortality. *New Zealand Veterinary Journal*, 45(5): 208-211.

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.

Stowe, H.D. & Herdt, T.H. (1992). Clinical assessment of selenium status of livestock. *Journal of Animal Science*, 70(12), 3928-3933. https://doi.org/doi: 10.2527/1992.70123928x.

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

Talebian Masoudi, A.R. & Mirshamsollahi, A. (2022). The effect of iodine supplementation on growth performance, reproductive parameters, and thyroid hormones of sheep in some areas of Markazi province, Iran. *Journal of Ruminant Research*, 10 (3): 71-86. (In Persian).

Vasiliu, I., Ciobanu-Apostol, D. G., Armasu, I., Bredetean, O., Serban, I. L. & Preda, C. (2020). Protective role of selenium on thyroid morphology in iodine-induced autoimmune thyroiditis in Wistar rats. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 20(4), 3425-3437.

Ventura, M., Melo, M. & Carrilho, F. (2017). Selenium and thyroid disease: from pathophysiology to treatment. *International Journal of Endocrinology*, 4: 1-9.

Ventura, M., Melo, M. & Carrilho, F. (2018). Selenium and Thyroid Function. In: Michalke, B. (eds) Selenium. Molecular and Integrative Toxicology, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95390-8_8.

World Health Organization. (2007). Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: a guide for programme managers. 3rd ed. Geneva, Switzerland: WHO.

Zarbalizadeh-Saed, A., Seifdavati, J., Abdi-Benemar, H., Salem, A. Z., Barbabosa-Pliego, A., Camacho-Diaz, L. M. & Seyed-Sharifi, R. (2020). Effect of slow-release pellets of selenium and iodine on performance and some blood metabolites of pregnant Moghani ewes and their lambs. *Biological Trace Element Research*, 195: 461-471.