

تأثیر سطوح کاهشی عناصر کم‌نیاز آلی بر عملکرد تولیدی، صفات کیفی تخم‌مرغ، وضعیت تخمدان و صفات جوجه‌کشی در مرغ‌های مادر گوشتی

• احمد بابازاده اقدم^۱، محسن دانشیار (نویسنده مسئول)^۲، سیدعلی میرقلنج^۳، سیدمحمد رضا صالحی ابری^۴

۱- دانشجوی دکتری تغذیه طیور، گروه علوم دامی، دانشگاه ارومیه، ایران

۲- استاد گروه علوم دامی، دانشگاه ارومیه، ایران

۳- دانشیار گروه علوم دامی، دانشگاه ارومیه، ایران

۴- استادیار گروه علوم دامی، دانشگاه آزاد خوراسگان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۴

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۱۴۰۲۷۵۹

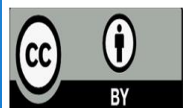
Email: m.daneshyar@urmia.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ASJ.2025.368435.2457

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات سطوح کاهشی عناصر کم‌نیاز آلی بر عملکرد تولیدی، صفات کیفی تخم‌مرغ، وضعیت تخمدان و صفات جوجه‌کشی در مرغ‌های مادر گوشتی مسن انجام شد. بدین منظور از تعداد ۱۴۴ قطعه مرغ مادر گوشتی سویه راس ۳۰۸ (۸۰ هفته) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۶ تکرار (۶ مرغ و یک خروس در هر تکرار) به مدت ۵۶ روز استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) جیره حاوی شکل معدنی عناصر کم‌نیاز (۰/۲۵ درصد)، (۲) جیره حاوی ۰/۱ درصد مکمل عناصر کم‌نیاز آلی، (۳) جیره حاوی ۰/۱۵ درصد مکمل عناصر کم‌نیاز آلی و (۴) جیره حاوی ۰/۲ درصد مکمل عناصر کم‌نیاز آلی بودند. استفاده از ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد عناصر کم‌نیاز آلی در جیره مرغ‌های مادر گوشتی در مقایسه با ۰/۱۰ درصد عناصر کم‌نیاز آلی و ۰/۲۵ درصد عناصر کم‌نیاز غیرآلی باعث بهبود درصد تخم‌گذاری، وزن تخم‌مرغ، توده تخم‌مرغ، ضریب تبدیل خوراک، درصد جوجه‌درآوری استحکام پوسته و ضخامت پوسته تخم‌مرغ شد ($P < 0.05$). درصد باروری تخم‌مرغ در مرغ‌های تغذیه‌شده با ۰/۲۰ درصد عناصر کم‌نیاز آلی به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود ($P < 0.05$). تعداد فولیکول‌های زرد بزرگ، وزن فولیکول‌های زرد بزرگ و وزن بزرگترین فولیکول آماده تخم‌گذاری در مرغ‌های تغذیه‌شده با ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد عناصر کم‌نیاز آلی به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد و ۰/۱۰ درصد عناصر کم‌نیاز آلی بود ($P < 0.05$). به‌طور کلی، مشخص شد که سطوح ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد عناصر کم‌نیاز آلی به‌عنوان سطوح بهینه باعث بهبود عملکرد تولیدی، کیفیت پوسته تخم‌مرغ، تعداد فولیکول‌های تخمدان و صفات جوجه‌کشی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: استحکام پوسته، تخمدان، جوجه‌درآوری، فرم آلی، فولیکول.



Research Journal of Livestock Science No 149 pp: 133-146

The effect of reduced levels of organic trace elements on production performance, egg quality traits, ovarian condition and hatchability traits in broiler breedersBy: Ahmad Babazadeh Aghdam¹, Mohsen Daneshyar^{*2}, Seyed Ali Mirghelenj³, Seyed Mohammadreza Salehi Abri⁴

1: Ph.D. Student, Department of Animal Science, Agriculture Faculty, Urmia University, Iran

2: Professor, Department of Animal Science, Agriculture Faculty, Urmia University, Iran.

3: Associate Professor, Department of Animal Science, Agriculture Faculty, Urmia University, Iran

4: Assistant Professor, Department of Animal Science, Agriculture Faculty, Islamic Azad University of Khorasgan, Isfahan, Iran

Received: February 2025**Accepted: May 2025**

The present study was conducted to investigate the effects of reduced levels of organic trace elements on production performance, egg-chicken quality traits, ovarian condition and hatchability traits in aged broiler breeders. For this purpose, 144 broiler breeders of the Ross 308 strain (80 weeks) were used in a completely randomized design with 4 treatments and 6 replications (6 hens and one rooster in each replication) for 56 days. The experimental treatments included: 1) diet containing the mineral form of trace elements (0.25%), 2) diet containing 0.1% organic trace element supplement, 3) diet containing 0.15% organic trace element supplement and 4) diet containing 0.2% organic trace element supplement. The use of 0.15 and 0.20% organic trace elements in the diet of broiler breeder hens compared with 0.10% organic trace elements and 0.25% inorganic trace elements improved the egg laying percentage, egg weight, egg mass, feed conversion ratio, hatchability percentage, shell strength and egg shell thickness ($P<0.05$). The egg-chicken fertility percentage in hens fed 0.20% organic trace elements was significantly higher than the control treatment ($P<0.05$). The number of large yellow follicles, the weight of large yellow follicles and the weight of the largest follicle ready for ovulation in hens fed 0.15 and 0.20% organic trace elements were significantly higher than the control and 0.10% organic trace elements ($P<0.05$). Overall, it was found that levels of 0.15 and 0.20% organic trace elements as optimal levels improved production performance, eggshell quality, ovarian follicle count, and hatching traits.

Key words: Shell strength, Ovary, Hatchability, Organic form, Follicle.**مقدمه**

پوسته یا اجزای تخم مرغ افزایش می‌دهد (Taschetto و همکاران، ۲۰۱۷). برای برآوردن نیاز حیوانات، عناصر کم‌نیاز غیرآلی معمولاً در جیره‌ها تکمیل می‌شوند. عناصر کم‌نیاز غیرآلی مانند اکسیدها، سولفات‌ها یا کلریدها به دلیل هزینه نسبتاً پایین در جیره‌ها تکمیل می‌شوند اما زیست فراهمی پایینی دارند (Yu و همکاران، ۲۰۲۲). پیوندهای یونی عناصر کم‌نیاز غیرآلی بسیار ضعیف هستند و یون فلز را قادر می‌سازد تا در تماس با آب به طور کامل از مولکول سولفات یا اکسید جدا شود (Nguyen و همکاران، ۲۰۲۱). این واقعیت باعث تعامل با سایر اجزای جیره می‌شود و جذب آنها را محدود می‌کند و در نتیجه عناصر دفع شده در محیط را افزایش می‌دهد

مواد معدنی کم‌نیاز در جیره غذایی مرغ‌های مادر گوشتی ضروری هستند و نقش کلیدی در مسیرهای تشکیل پوسته و تولید تخم دارند. روی یک کوفاکتور کربنیک انیدراز است که برای رسوب پوسته ضروری است (Leeson و Summers، ۲۰۰۵). منگنز یک فعال کننده آنزیم‌های دخیل در سنتز گلیکوزآمینوگلیکان‌ها و گلیکوپروتئین‌ها است که در تشکیل ماتریکس آلی پوسته مهم هستند (Leach و Gross، ۱۹۸۳). مس بخشی جدایی ناپذیر از لیزیل اکسیداز است که پیوند متقابل کلاژن و الاستین را در غشای پوسته تخم مرغ کاتالیز می‌کند (Nys و همکاران، ۱۹۹۹). آهن تولید تخم‌مرغ را همراه با افزایش هموگلوبین خون بدون تأثیر بر رنگ

کردند که جایگزینی عناصر کم نیاز غیر آلی با ۱۰۰ یا ۵۰ درصد عناصر کم نیاز آلی در جیره مرغ های مادر گوشتی می تواند عملکرد تولیدی، جوجه درآوری و رشد نتاج را بهبود بخشد. در مقابل Pedro و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که استفاده از عناصر کم نیاز آلی تأثیر معنی داری بر عملکرد و پارامترهای کیفی تخم مرغ های در مرغ های مادر گوشتی نداشت. با توجه به اینکه سطوح عناصر کم نیاز توصیه شده برای مرغ های مادر گوشتی براساس عناصر کم نیاز غیر آلی بیان شده است، استفاده از فرم آلی به دلیل زیست فراهمی بالاتر احتمالاً پاسخ های متفاوتی را نشان دهد. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات سطوح کاهشی عناصر کم نیاز آلی بر عملکرد تولیدی، صفات کیفی تخم مرغ، وضعیت تخمدان و صفات جوجه-کشی در مرغ های مادر گوشتی انجام شد.

مواد و روش ها

این آزمایش با استفاده از ۱۴۴ قطعه مرغ مادر گوشتی سویه راس ۳۰۸ با وزن مشابه (3940 ± 15 گرم) در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تیمار و شش تکرار (۶ مرغ و یک خروس در هر تکرار) به مدت ۵۶ روز اجرا شد. دستورالعمل های پرورش مرغ های مادر گوشتی شامل کنترل دما، تهویه، آب آشامیدنی، واکسیناسیون و غیره برای تمامی تیمارها به یک شکل و بر اساس شرایط استاندارد سویه اجرا شد (Aviagen, ۲۰۱۸). تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: ۱) جیره حاوی شکل معدنی عناصر کم نیاز (۲۵/۰ درصد)، ۲) جیره حاوی ۰/۱ درصد مکمل عناصر کم نیاز آلی، ۳) جیره حاوی ۰/۱۵ درصد مکمل عناصر کم نیاز آلی و ۴) جیره حاوی ۰/۲ درصد مکمل عناصر کم نیاز آلی. مکمل عناصر کم نیاز آلی مورد استفاده در این آزمایش بن زرا چیکن از شرکت بن زرا بود که حاوی ۸۰۰۰، ۴۶۰۰۰، ۱۵۰، ۵۰۰۰۰ و ۶۰۰ به ترتیب از عناصر مس، روی، سلنیوم، آهن، منگنز، کروم، ید به صورت کلاته می باشد. جیره ها از نظر ترکیب مواد مغذی یکسان بودند (جدول ۱). مصرف خوراک در گروه های آزمایشی طبق استانداردهای شرکت (Aviagen, ۲۰۱۸) محاسبه و در اختیار پرندگان قرار گرفت (۱۵۴ گرم به ازای هر مرغ و ۱۴۵ گرم به ازای هر خروس).

(Olukosi و همکاران، ۲۰۱۸). از این رو، در صنعت طیور بر اساس زیست فراهمی بالاتر اشکال آلی، تمایل به سمت عناصر کم نیاز آلی تغییر کرده است (Olgun و همکاران، ۲۰۲۴).

عناصر کم نیاز آلی کمپلکس ها یا کیلات های هستند که توسط عناصر غیر آلی و کمپلکس های آلی مانند پروتئین ها، اسیدهای آمینه، اسیدهای آلی، پپتیدهای کوچک، پلی ساکاریدها و مشتقات تشکیل می شوند. عناصر کم نیاز آلی قابلیت دسترسی زیستی بالاتری نسبت به عناصر کم نیاز غیر آلی دارند زیرا می توانند از طریق راه های انتقال دیگر مانند کانال های انتقال اسید آمینه جذب شوند (Bai و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین حلالیت عناصر کم نیاز آلی در محلول های خنثی یا آب کمتر و در محلول های اسیدی، مانند قسمت بالایی روده کوچک، بیشتر است (Villagómez-Estrada و همکاران، ۲۰۲۱). این منجر به واکنش پذیری کمتر عناصر کم نیاز آلی با سایر مواد غذایی در مقایسه با منابع یونی می شود (Nguyen و همکاران، ۲۰۲۱؛ Yu و همکاران، ۲۰۲۲). از این رو عناصر کم نیاز آلی باعث انتشار تاخیری از طریق فرآیندهای گوارشی، بهبود جذب و در نتیجه کاهش دفع در محیط می شوند (Olukosi و همکاران، ۲۰۱۹).

بسیاری از محققان روی افزودن عناصر کم نیاز در جیره غذایی برای تنظیم کیفیت تخم مرغ با بهبود ساختار پوسته تخم مرغ تمرکز کرده اند (Fathi و همکاران، ۲۰۱۶). مکانیسم تأثیر مواد معدنی بر مجرای تخمک به خصوص رحم، که در آن پوسته تخم مرغ تشکیل شده است، هنوز نامشخص است. رحم یا غده پوسته طیور بسیار پیچیده و پویا است که در معدنی شدن پوسته تخم مرغ، به ویژه در رشد کریستال نقش اساسی دارد (Hernández و همکاران، ۲۰۰۸). واضح است که تغییرات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در مجرای تخمک بر روند تخمگذاری و همچنین کیفیت تخم ها تأثیر می گذارد. داده های مربوط به مواد معدنی روی، مس و منگنز بر ساختار مجرای تخمک مرغ ها ناچیز است و یافته های قبلی در مورد اثرات عناصر کم نیاز بر عملکرد مرغ های مادر گوشتی به نتایج متناقضی منجر شد. به طور مثال Saber و همکاران (۲۰۲۰) گزارش

جدول ۱- اجزای تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی پایه (بر اساس ماده خشک)

مقدار	مواد مغذی جیره (محاسبه شده)	درصد	اجزای جیره
۲۸۰۰	انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم)	۶۷/۷۸	ذرت
۱۴/۶۵	پروتئین خام (درصد)	۲۱/۶۰	کنجاله دانه سویا
۰/۳۵	متیونین (درصد)	۰/۳۳	روغن مایع
۰/۶۴	متیونین + سیستین (درصد)	۰/۱۱	متیونین
۰/۶۷	لیزین (درصد)	۱/۰۶	دی کلسیم فسفات
۰/۴۷	ترونین (درصد)	۸/۱۷	کربنات کلسیم
۳/۴۰	کلسیم (درصد)	۰/۱۷	جوش شیرین
۰/۳۲	فسفر (درصد)	۰/۲۸	نمک
۰/۱۸	سدیم (درصد)	۰/۲۵	مکمل ویتامین مرغ مادر
۰/۲۰	کلر (درصد)	۰/۲۵	مکمل و مواد معدنی مرغ مادر

^۱ به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی: ویتامین A، ۱۱۰۰۰ واحد بین المللی؛ ویتامین D₃، ۳۵۰۰ واحد بین المللی؛ ویتامین E، ۳۰۰ واحد بین المللی؛ ویتامین K₃، ۵ میلی گرم؛ ویتامین B₁، ۳ میلی گرم؛ ویتامین B₂، ۱۲ میلی گرم؛ اسید پانتوتیک، ۱۵ میلی گرم؛ نیاسین، ۵۵ میلی گرم؛ ویتامین B₆، ۴ میلی گرم؛ اسید فولیک، ۲ میلی گرم؛ ویتامین B₁₂، ۰/۰۳ میلی گرم؛ بیوتین، ۰/۲۵ میلی گرم.

^۲ به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی: منگنز، ۱۲۰ میلی گرم؛ روی، ۱۱۰ میلی گرم؛ آهن، ۵۰ میلی گرم؛ مس، ۱۰ میلی گرم؛ ید، ۲ میلی گرم؛ سلنیوم، ۰/۳ میلی گرم؛ آنتی اکسیدان ۱۰۰ میلی گرم.

در طول دوره آزمایش، تعداد تخم مرغ، وزن تخم مرغ و مرگ و میر به صورت روزانه اندازه گیری و ثبت شد. توده تخم مرغ (گرم) به ازای هر مرغ در روز) و ضریب تبدیل خوراک به صورت هفتگی محاسبه شدند. درصد تولید تخم مرغ با تقسیم تعداد کل تخم مرغ تولید شده در هر تکرار بر روز مرغ محاسبه شد. توده تخم مرغ با ضرب میانگین وزن تخم مرغ هر تکرار در درصد تولید تخم مرغ محاسبه شد. علاوه بر این، مصرف خوراک هفتگی بر توده تخم مرغ برای محاسبه ضریب تبدیل خوراک تقسیم شد. برای تعیین هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم تخم مرغ تولیدی از رابطه زیر استفاده شد.

(۱)

= هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم تخم مرغ

× ضریب تبدیل خوراک

قیمت هر کیلوگرم خوراک مصرفی

در پایان دوره آزمایشی، از هر تکرار ۲ عدد تخم مرغ جمع آوری شد و مهمترین صفات کیفی داخلی تخم مرغ شامل وزن سفیده، وزن زرده، ارتفاع زرده و سفیده، ضخامت پوسته و استحکام پوسته اندازه گیری شد. ارتفاع سفیده تخم مرغ با استفاده از هاومتر دستی

(Analog Baxlo Haugh Micrometer، چین) اندازه گیری شد. بدین صورت که پس از شکستن تخم مرغ‌ها، زرده و سفیده بر روی سطح صافی قرار گرفت. سپس مقادیر ارتفاع سفیده و زرده در هر نقطه‌ای که نوک ارتفاع سنج به سفیده تخم مرغ (۱ سانتی متر در اطراف زرده) یا زرده برخورد داشت، ثبت شد. استحکام پوسته تخم مرغ با استفاده از دستگاه استحکام سنج (Ogawa Seiki 020603, Co., Ltd., Tokyo، ژاپن) اندازه گیری شد. برای اندازه گیری ضخامت پوسته تخم مرغ از بخش‌های بالا، وسط و پایین از یک میکرومتر خارجی (۰/۰۱ میلی متر؛ مدل Outside meter YP001، ژاپن) استفاده شد. در نهایت میانگین این مقاطع محاسبه و به عنوان ضخامت پوسته در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که قبل از این اندازه گیری‌ها، پوسته‌های تخم مرغ پس از شستشو در دمای اتاق به مدت ۱۲ ساعت و سپس در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند.

درصد جوجه آوری و درصد تخم‌های بارور، به صورت هفتگی بررسی شد. تخم‌مرغ‌های قابل جوجه کشی در هفته‌های مختلف آزمایش، به جوجه کشی منتقل و صفات درصد جوجه‌درآوری و

فولیکول آماده تخمک گذاری اندازه گیری شد (Ebied و همکاران، ۲۰۰۸).

داده های بدست آمده از مطالعه حاضر با استفاده از نرم افزار آماری SAS و رویه GLM آنالیز آماری شدند. به منظور مقایسه میانگین ها از آزمون توکی استفاده شد. مدل آماری برای تجزیه و تحلیل داده های به صورت زیر است:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad (2)$$

Y_{ij} = مقدار هر مشاهده، μ = میانگین مشاهدات، T_i = اثر تیمار، e_{ij} = اشتباه آزمایشی مربوط به مشاهده

نتایج

جدول ۲ اثر تیمارهای آزمایشی مختلف را بر عملکرد تولیدی مرغ های مادر گوشتی نشان می دهد. نتایج نشان داد که درصد تولید، وزن و توده تخم مرغ و ضریب تبدیل خوراک تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند. استفاده از ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد عناصر کم نیاز آلی در جیره مرغ های مادر گوشتی در مقایسه با ۰/۱۰ درصد عناصر کم نیاز آلی و ۰/۲۵ درصد عناصر کم نیاز غیر آلی باعث بهبود درصد تخم گذاری، وزن تخم مرغ، توده تخم مرغ و ضریب تبدیل خوراک شد ($P < 0/05$). نتایج هزینه خوراک به ازای هر کیلو گرم تخم مرغ تولیدی نشان داد که استفاده از فرم آلی عناصر کم نیاز در سطوح ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد به دلیل افزایش توده تخم مرغ باعث کاهش هزینه خوراک به ازای هر کیلو گرم تخم مرغ شد ($P < 0/05$).

نطفه داری تعیین و ثبت شدند. درصد جوجه درآوری از تقسیم تعداد جوجه های تفریخ شده جوجه کشی بر تعداد کل تخم مرغ های قرار گرفته شده در دستگاه جوجه کشی ضرب در ۱۰۰ محاسبه شد. درصد باروری با استفاده از نوربینی (کندلینگ) در روز دوازدهم پس از تخم گذاری در انکوباتور بررسی شد.

در پایان دوره آزمایش دو پرنده از هر تکرار وزن و سپس کشتار شدند. دستگاه تولید مثلی شامل تخمدان و اویداکت توزین شدند (Saleh و همکاران، ۲۰۲۱). اویداکت با محلول سالین (۹ گرم NaCl بر هر لیتر آب مقطر؛ سرم فیزیولوژیک) شسته شد. سپس تخمدان و اویداکت در محلول فرمالین ۱۰ درصد به مدت ۳ روز قرار داده شدند. پس از سفت شدن در فرمالین ۱۰ درصد، فولیکول ها براساس روش Etches و Robinson (۱۹۸۶) شمارش و توزین شدند. بدین صورت که فولیکول ها در چهار دسته فولیکول های زرد بزرگ با قطر بیش از ۱۰ میلی متر، فولیکول های زرد کوچک با قطر بین ۱۰ تا ۵ میلی متر، فولیکول های سفید بزرگ با قطر بین ۵ تا ۳ میلی متر و فولیکول های سفید متوسط با قطر ۳ تا ۱ میلی متر قرار گرفتند. لازم به ذکر است که فولیکول های زرد کوچک تر از ۵ میلی متر به عنوان فولیکول های آترتیک (غیر فعال) دسته بندی شدند (Renema و همکاران، ۱۹۹۵). برای اندازه گیری وزن استروما و فولیکول ها، ابتدا وزن کل استروما به همراه تمام فولیکول های روی آن، سپس وزن استروما پس از خارج کردن فولیکول های زرد بزرگ، بعد وزن استروما پس از خارج کردن سایر فولیکول ها تا جایی که فقط استروما باقی ماند، اندازه گیری شد. در نهایت وزن بزرگترین

جدول ۲- تأثیر سطوح کاهشی عناصر کم نیاز آلی بر عملکرد تولیدی مرغ های مادر گوشتی مسن (راس ۳۰۸)

تیمار	تخم گذاری (درصد)	وزن تخم مرغ (گرم)	توده تخم مرغ (گرم)	ضریب تبدیل خوراک	هزینه به ازای هر کیلو گرم تخم مرغ (تومان)
شاهد (فرم غیر آلی)	۴۹/۶۰ ^b	۶۹/۳۵ ^b	۳۴/۳۸ ^b	۴/۴۹ ^a	۸۳۶۲۴/۵۰ ^a
۰/۱ درصد فرم آلی	۴۹/۶۵ ^b	۶۹/۹۲ ^b	۳۴/۷۱ ^b	۴/۴۳ ^a	۸۳۸۱۳/۷۸ ^a
۰/۱۵ درصد فرم آلی	۵۱/۵۳ ^a	۷۱/۷۵ ^a	۳۶/۹۷ ^a	۴/۱۶ ^b	۷۹۵۳۸/۸۲ ^b
۰/۲ درصد فرم آلی	۵۱/۷۵ ^a	۷۱/۲۰ ^a	۳۶/۸۵ ^a	۴/۱۸ ^b	۸۰۶۹۱/۵۵ ^b
استاندارد خطای میانگین ها	۰/۴۸	۰/۳۱	۰/۴۳	۰/۰۲	۵۷۳/۳۶
سطح احتمال	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳

میانگین های هر ستون با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند ($P < 0/05$).

اثر سطوح کاهشی عناصر کم‌نیاز آلی در جیره مرغ‌های مادر گوشتی بر صفات کیفی تخم‌مرغ در جدول ۳ گزارش شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص شد که وزن زرده، وزن سفیده، ارتفاع زرده و آلبومین تیمارهای آزمایشی تحت تأثیر قرار نگرفتند ($P>0/05$). با این حال استحکام پوسته و ضخامت پوسته

تخم‌مرغ تحت تأثیر منبع عناصر کم‌نیاز قرار گرفت ($P<0/05$). استحکام پوسته و ضخامت پوسته تخم‌مرغ در تیمار ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد عناصر کم‌نیاز آلی در جیره مرغ‌های مادر گوشتی نسبت به تیمار شاهد و ۰/۱۰ درصد عناصر کم‌نیاز آلی افزایش یافت ($P<0/05$).

جدول ۳- تأثیر سطوح کاهشی عناصر کم‌نیاز آلی بر صفات کیفی تخم‌مرغ در مرغ‌های مادر گوشتی مسن (راس ۳۰۸)

تیمار	وزن سفیده (گرم)	وزن زده (گرم)	ارتفاع سفیده (mm)	ارتفاع زرده (mm)	استحکام پوسته (kg/cm ²)	ضخامت پوسته (میکرومتر)
شاهد (فرم غیر آلی)	۳۵/۷۴	۲۳/۰۳	۶/۵۶	۱۹/۳۱	۲/۱۶ ^c	۰/۶۴ ^b
۰/۱ درصد فرم آلی	۳۴/۸۵	۲۱/۳۹	۶/۴۳	۱۹/۶۱	۲/۱۱ ^c	۰/۶۵ ^b
۰/۱۵ درصد فرم آلی	۳۵/۷۶	۲۳/۳۵	۶/۹۰	۱۹/۵۳	۳/۲۲ ^b	۰/۷۳ ^a
۰/۲ درصد فرم آلی	۳۶/۰۴	۲۳/۳۷	۶/۸۴	۱۹/۴۷	۴/۰۵ ^a	۰/۷۶ ^a
استاندارد خطای میانگین‌ها	۱/۷۸	۰/۸۸	۰/۵۲	۰/۶۴	۰/۱۴	۰/۰۲
سطح احتمال	۰/۴۳	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۳۸	۰/۰۱	۰/۰۳

میانگین‌های هر ستون با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<0/05$).

نتایج مربوط سطوح کاهشی عناصر کم‌نیاز آلی بر وضعیت تخمدان مرغ‌های مادر گوشتی مسن در جدول ۴ آورده شده است. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که وزن تخمدان، اویداکت، استروما و فولیکول‌های زرده کوچک و تعداد فولیکول‌های زرده کوچک و سفید بزرگ تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی نگرفتند

($P>0/05$). تعداد فولیکول زرد بزرگ و وزن فولیکول زرد بزرگ و وزن بزرگ‌ترین فولیکول آماده تخمک‌گذاری در مرغ‌های تغذیه‌شده با ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد عناصر کم‌نیاز آلی به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد و ۰/۱۰ درصد عناصر کم‌نیاز آلی بود ($P<0/05$).

جدول ۴- تأثیر سطوح کاهشی عناصر کم‌نیاز آلی بر وضعیت تخمدان مرغ‌های مادر گوشتی مسن (راس ۳۰۸)

تیمار	تخمدان (درصد)	اویداکت (درصد)	تعداد LYF	تعداد SYF	تعداد LWF	وزن LYF (گرم)	وزن SYF (گرم)	استروما (گرم)	وزن F1 (گرم)
شاهد (فرم غیر آلی)	۲/۸۱	۴/۸۹	۴/۶۵ ^b	۱۰/۱۳	۴۰/۳۴	۲۴/۲۵ ^b	۲/۱۳	۵/۰۱	۱۳/۸۴ ^b
۰/۱ درصد فرم آلی	۲/۸۸	۴/۹۲	۴/۲۹ ^b	۱۱/۷۸	۳۹/۲۸	۲۵/۳۴ ^b	۱/۵۹	۵/۱۹	۱۳/۲۵ ^b
۰/۱۵ درصد فرم آلی	۳/۰۱	۴/۹۱	۶/۳۱ ^a	۱۱/۲۵	۴۱/۸۲	۳۴/۵۸ ^a	۲/۰۶	۴/۷۷	۱۵/۱۶ ^a
۰/۲ درصد فرم آلی	۳/۰۶	۴/۹۶	۶/۴۶ ^a	۱۱/۶۴	۴۰/۵۷	۳۵/۱۸ ^a	۲/۸۴	۵/۲۴	۱۵/۹۱ ^a
استاندارد خطای میانگین	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۵۴	۰/۹۸	۳/۳۷	۱/۳۶	۰/۳۰	۰/۱۱	۰/۲۵
سطح احتمال	۰/۱۳	۰/۸۱	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۷۸	۰/۰۱	۰/۱۹	۰/۵۳	۰/۰۲

مخفف‌ها: LYF: فولیکول‌های زرد بزرگ، SYF: فولیکول‌های زرد کوچک، LWF: فولیکول‌های سفید بزرگ، F1: بزرگ‌ترین فولیکول آماده تخمک‌گذاری.

میانگین‌های هر ستون با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<0/05$).

و ۰/۲۵ درصد عناصر کم نیاز غیر آلی باعث افزایش درصد جوجه- درآوری شد ($P < 0/05$). درصد باروری تخم مرغ در مرغ های تغذیه شده با ۰/۲۰ درصد عناصر کم نیاز آلی به طور معنی داری بیشتر از تیمار شاهد بود ($P < 0/05$).

جدول ۵ اثر تیمارهای آزمایشی مختلف را بر درصد باروری تخم و جوجه درآوری مرغ های مادر گوشتی نشان می دهد. نتایج نشان داد که استفاده از ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد عناصر کم نیاز آلی در جیره مرغ های مادر گوشتی در مقایسه با ۰/۱۰ درصد عناصر کم نیاز آلی

جدول ۵- تاثیر سطوح کاهشی عناصر کم نیاز آلی بر درصد باروری تخم و جوجه درآوری در مرغ های مادر گوشتی مسن (راس ۳۰۸)

تیمار	جوجه درآوری (%)	باروری (%)
شاهد (فرم غیر آلی)	۷۸/۸۵ ^b	۶۴/۳۵ ^b
۰/۱ درصد فرم آلی	۷۳/۲۰ ^b	۷۱/۲۹ ^{ab}
۰/۱۵ درصد فرم آلی	۸۹/۴۰ ^a	۷۷/۴۸ ^{ab}
۰/۲ درصد فرم آلی	۸۶/۰۱ ^a	۸۳/۳۵ ^a
استاندارد خطای میانگین ها	۲/۳۶	۳/۳۲
سطح احتمال	۰/۰۴	۰/۰۲

میانگین های هر ستون با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند ($P < 0/05$).

بحث

در گذشته، مواد معدنی کم نیاز به اندازه کافی توسط متخصصان تغذیه طیور مورد توجه قرار نمی گرفت. استفاده از حاشیه ایمنی بالاتر از نیازها و هزینه نسبی پایین این مواد معدنی دلایل احتمالی این امر بود. ملاحظات و مقررات زیست محیطی محدود کننده عرضه عناصر کم نیاز و بهبود روش های تحلیلی برای شناسایی آلاینده های احتمالی در منابع معدنی، نیاز به بررسی مجدد نیازهای عناصر کم نیاز را به وجود آورده است. علاوه بر این، دانش جدید در مورد نقش عناصر کم نیاز در متابولیسم استخوان، وضعیت آنتی اکسیدانی، تنظیم هموستاتیک، کیفیت محصول، ایمنولوژی و توسعه منابع معدنی جدید، در ۱۵ سال گذشته، علایق را در بهینه سازی تغذیه مواد معدنی با در نظر گرفتن سایر موارد مورد توجه قرار داده است. مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد عناصر کم نیاز آلی در مقایسه با ۰/۲۵ درصد عناصر کم نیاز غیر آلی باعث افزایش تولید تخم مرغ و توده تخم مرغ و کاهش ضریب تبدیل خوراک شد. محققین تولید تخم مرغ و وزن تخم مرغ بیشتر را به تأثیر عناصر کم نیاز آلی بر رسوب آلبومین در تشکیل لایه های پوسته تخم مرغ در ایستموس، مگنوم و تشکیل پوسته تخم مرغ در رحم و تأثیر عناصر کم نیاز آلی بر افزایش

هورمون های FSH و LH، پروژسترون و استروژن نسبت دادند (Park و همکاران، ۲۰۰۴). افزایش قابل توجهی در غلظت استروژن و پروژسترون با افزودن مس، روی، آهن و منگنز آلی (گلیسینات) به جیره در مرغ های مادر گوشتی مشاهده شد (Yaqoob و همکاران، ۲۰۲۲). استروژن رشد مجرای تخمدان را آزاد می کند و پروتئین ها، ویتامین ها، کلسیم خون، چربی ها و مواد مغذی مورد نیاز برای تشکیل تخمک را افزایش می دهد. علاوه بر این، پروژسترون باعث تخمک گذاری فولیکول بالغ می شود (Behjatian Esfahani و همکاران، ۲۰۲۱). در مقابل برخی از مطالعات گزارش کرده اند که جایگزینی ۱۰۰٪ عناصر کم نیاز غیر آلی با آلی (Avila و همکاران، ۲۰۲۳) یا سطوح کاهشی عناصر کم نیاز آلی (Yang و همکاران، ۲۰۲۴؛ Yaqoob و همکاران، ۲۰۲۲) تاثیری بر عملکرد مرغ های مادر گوشتی ندارد. تفاوت در نتایج را می توان به نوع مکمل آلی مورد استفاده، سطح عناصر کم نیاز در جیره پایه، درصد کاهش این عناصر و سن پرندگان مورد آزمایش نسبت داد. مطالعه حاضر نشان داد که سطح ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد عناصر کم نیاز آلی احتمالاً به دلیل زیست فراهمی بالاتر این فرم، نیاز پرند را به طور کامل تامین

مشاهده شده در طول بلوغ تخمک مهم است (Puig و همکاران، ۲۰۱۷). علاوه بر این، آهن برای عملکرد میتوکندری ضروری است و تضمین می‌کند که سلول‌ها، از جمله سلول‌های تخمدان، انرژی لازم برای فرآیندهای پیچیده خود را تامین کنند (Cheng و همکاران، ۲۰۲۲). بنابراین، اطمینان از سطوح مناسب آهن نه تنها برای سلامت عمومی حیاتی است، بلکه به طور پیچیده‌ای با موفقیت بلوغ تخمک مرتبط است. همچنین گزارش شده است که کمبود یا مازاد منگنز می‌تواند باعث افزایش سطح LH جبرانی از طریق محور هیپوتالاموس-هیپوفیز شود و هیپوفیز احتمالاً با تجمع منگنز آسیب دیده، منجر به کاهش محتوای LH و FSH می‌شود (Liu و همکاران، ۲۰۱۳). سطح بهینه مس با کاهش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و مرگ سلولی ناشی از نقص عملکرد میتوکندری مرتبط است (Liu و همکاران، ۲۰۲۲). کاهش سطح گونه‌های فعال اکسیژن می‌تواند بر کیفیت تخمک (Soto-Heras و Paramio، ۲۰۲۰) تأثیر بگذارد و عملکرد آن را بهبود بخشد. سطوح بهینه آهن (Galaris و همکاران، ۲۰۱۹)، روی (Powell، ۲۰۰۰)، مس (Khalid و همکاران، ۲۰۱۳) در بدن باعث کاهش استرس اکسیداتیو می‌شود و اثرات غیرمستقیم بر تخمدان دارد. بنابراین، سطح مناسب ضروری است زیرا اگرچه عناصر کم‌نیاز برای فرآیندهای فیزیولوژیکی ضروری هستند، سطوح نامتعادل می‌تواند اثرات جانبی اکسیداتیو را نشان دهد (Wessels و Maywald، ۲۰۱۷).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که جایگزینی ۰/۲۵ درصد عناصر کم‌نیاز غیرآلی با ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد عناصر کم‌نیاز آلی باعث افزایش ضخامت پوسته و استحکام پوسته تخم‌مرغ شد. یکی از دلایل می‌تواند مربوط به تنظیم هموستاز رحم و زیست فراهمی فرم آلی در مقایسه با فرم معدنی باشد، به طوری که در مطالعه Yang و همکاران (۲۰۲۴) غلظت روی، منگنز، مس و آهن در پوسته تخم‌مرغ با تغذیه فرم آلی عناصر کم‌نیاز آلی افزایش و در مدفوع کاهش یافت. دلیل دیگر احتمالاً به جمعیت میکروبی روده ارتباط دارد که متأسفانه در مطالعه حاضر اندازه‌گیری نشد. به گفته Dong و همکاران (۲۰۲۲)، جمعیت میکروبی مضر سکوم

کرده و به عنوان سطوح اپتیمم در این مطالعه مشخص شدند. تغذیه با سطح بهینه عناصر کم‌نیاز عملکرد مناسب بدن (ساختاری، فیزیولوژیکی، کاتالیزوری و مکانیسم‌ها) را تضمین می‌کند (Lebedev و همکاران، ۲۰۲۲). عدم تعادل عناصر کم‌نیاز تهدیدی جدی برای سلامت و تولید طيور است (Upadhaya و Kim، ۲۰۲۰) و بر پارامترهای بیوشیمیایی، عملکرد تولید مثل و بهره‌وری تأثیر منفی می‌گذارد (Ma و همکاران، ۲۰۲۱). نویسندگان تحقیق حاضر افزایش تولید تخم‌مرغ با سطوح ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد عناصر کم‌نیاز آلی در مقایسه با ۰/۱۰ درصد عناصر کم‌نیاز آلی و ۰/۲۵ درصد عناصر کم‌نیاز غیرآلی را به اثرات مثبت سطح بهینه عناصر کم‌نیاز بر سیستم تولیدمثلی (تغییرات هورمونی و رشد فولیکول) و استرس اکسیداتیو نسبت می‌دهند. به طوری که در مطالعه حاضر وزن و تعداد فولیکول‌های زرد بزرگ در مرغ‌های تیمار ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد عناصر کم‌نیاز آلی نسبت به ۰/۲۵ درصد عناصر کم‌نیاز غیرآلی بیشتر بود (جدول ۴) که تأثیر مثبت سطوح بهینه عناصر کم‌نیاز آلی بر رشد فولیکول را تایید می‌کند. روی با تأثیرگذاری بر سنتز LH، FSH و سنتز استروئیدها به سنتز هورمون کمک می‌کند و همراه با سلنیوم، از تخمک در برابر آسیب گونه‌های فعال اکسیژن محافظت می‌کند (Kapper و همکاران، ۲۰۲۴). مازاد یا کمبود روی ممکن است منجر به مسائلی مانند تغییر در سنتز یا ترشح FSH و LH، رشد نامنظم تخمدان، اختلال در بلوغ فولیکول و انقباضات ناهمزمان رحم شود (Nasiadek و همکاران، ۲۰۲۰). روی به عنوان یک کوفاکتور حیاتی برای آنزیم‌هایی مانند DNA پلیمراز، ریبونوکلوئید ردوکتاز و تیمیدیلات سنتاز، برای سنتز و ترمیم DNA عمل می‌کند (Petrucchio و همکاران، ۲۰۰۸) و نقش اساسی در بلوغ، کیفیت و عملکرد تخمک ایفا می‌کند. متابولیسم استروژن و آهن ارتباط نزدیکی با هم دارند (Hamad و همکاران، ۲۰۲۰). به عنوان مثال، آنزیم‌های سیتوکروم-P450 که هورمون‌های استروئیدی مانند استروژن و پروژسترون را پردازش می‌کنند، به طور قابل توجهی به آهن وابسته هستند (Song و همکاران، ۲۰۲۲). دخالت آهن در سنتز DNA برای تقسیم سریع سلولی

جانوری مهم هستند (Hostetler و همکاران، ۲۰۰۳). موافق با نتایج مطالعه حاضر Lou و همکاران (۲۰۲۴) گزارش کردند که سطوح مناسب عناصر کم نیاز بر بلوغ فولیکول و سنتز هورمون‌های استروئیدی تأثیر دارد. روی یک جزء ضروری یا فعال کننده استروئید سنتاز است (Hurley و Doane، ۱۹۸۹). در طول رشد تخمک، روی توقف میوز را در مرحله پیش از تخمک حفظ می‌کند و اطمینان می‌دهد که تخمک تا بلوغ کافی رشد می‌کند (Garner و همکاران، ۲۰۲۱). منگنز یک کوفاکتور برای آنزیم‌های مورد نیاز برای سنتز کلسترول است. تولید هورمون استروئیدی به عرضه پیش‌سازهای کلسترول بستگی دارد، بنابراین منگنز برای تولید مثل مهم است (Studer و همکاران، ۲۰۲۲). نشان داده شده است که منگنز تکثیر فولیکول‌های کشت شده در شرایط آزمایشگاهی را ترویج می‌کند (Anchordoquy و همکاران، ۲۰۱۴). نشان داده شده است که مس یک تنظیم کننده بالقوه فعالیت ترشحی تخمدان است و افزودن مس باعث تحریک بیان CYP19A1 در سلول‌های گرانولوزای تخمدان می‌شود، اما مس اضافی نیز استروئیدزایی را در سلول‌های گرانولوزای تخمدان مختل می‌کند (Nikhil Kumar و همکاران، ۲۰۲۱). این نشان می‌دهد که اثر مس بر رشد فولیکول پیچیده است و نیاز به بررسی بیشتر دارد.

در مطالعه حاضر درصد جوجه‌درآوری مرغ‌های مادر گوشتی تغذیه شده با ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد عناصر کم نیاز آلی در مقایسه با مرغ‌های تغذیه شده با ۰/۲۵ درصد عناصر کم نیاز غیر آلی بیشتر بود. موافق با نتایج مطالعه حاضر گزارش شده است که مکمل جیره غذایی مرغ‌های مادر با سلنیوم آلی درصد جوجه‌درآوری از تخم‌های بارور شده را بهبود می‌بخشد (Hanafy و همکاران، ۲۰۰۹). یکی از دلایل این امر می‌تواند مربوط به میزان انتقال این عناصر کم نیاز به تخم مرغ باشد به طوری که انتقال مواد معدنی از مرغ به تخم مرغ برای توسعه و رشد جنین ضروری است (Favero و همکاران، ۲۰۱۳). در مطالعه Avila و همکاران (۲۰۲۳) تغذیه مرغ‌های مادر گوشتی با عناصر کم نیاز آلی باعث کاهش مرگ و میرهای اولیه جنینی شد که نشان می‌دهد افزایش

(باسیلاسه و کلستریدیا) در مرغ‌هایی که عناصر کم نیاز آلی مصرف می‌کردند در مقایسه با عناصر کم نیاز غیر آلی به طور قابل توجهی کاهش یافت. علاوه بر این، آنها ارتباط بین جمعیت میکروبی دستگاه گوارش و بیان ژن‌های مرتبط با رحم (مانند ovocalyxin-32 و osteopontin) را نشان دادند. در نتیجه، جمعیت میکروبی مضر با خصوصیات مختلف پوسته تخم مرغ، از جمله وزن مطلق و نسبی، کیفیت و قدرت شکستن همبستگی منفی داشت. نتایج ما با نتایج Manangi و همکارانش (۲۰۱۵) مطابقت دارد که دریافتند استحکام پوسته هنگامی که مرغ‌ها با جیره حاوی ۲۵ تا ۵۰ درصد روی، مس و منگنز آلی در مقایسه با ۱۰۰ درصد سولفات تغذیه می‌شوند، افزایش می‌یابد. در گزارشی، نویسندگان از میکروسکوپ الکترونی رویشی برای نشان دادن تأثیر استفاده از عناصر کم نیاز آلی بر فراساختار سطح داخلی پوسته تخم مرغ استفاده کردند. جیره‌های حاوی روی، مس و منگنز از فرم آلی منجر به تولید تخم مرغ‌هایی با ضخامت پوسته و استحکام بیشتر شد (Stefanello و همکاران، ۲۰۱۴). ضخامت و استحکام بالاتر به ساختار پوسته مرتبط است چرا که سنتز آن به آنزیم‌های خاص (مواد معدنی به عنوان کوفاکتورهای ضروری) وابسته است (Solomon، ۲۰۱۰).

تعداد فولیکول زرد بزرگ و وزن فولیکول زرد بزرگ و وزن بزرگترین فولیکول آماده تخمک گذاری به طور معنی دار توسط ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد عناصر کم نیاز آلی افزایش یافت. بهبود وزن بزرگترین فولیکول آماده تخمک گذاری احتمالاً با افزایش وزن تخم مرغ در مطالعه حاضر مرتبط است (جدول ۲). این نتایج ممکن است نشان دهد که مواد معدنی ممکن است در تنظیم رشد فولیکولی تخمدان در مرغ‌های تخمگذار نقش داشته باشند. این فرض توسط Xie و همکاران (۲۰۱۴) تایید شد که نشان دادند منگنز هورمون‌های مشارکت کننده در رشد فولیکول تخمدان، تولید تخم مرغ و متابولیسم استخوان را در مرغ‌های مادر گوشتی تنظیم می‌کند. ارتباط مهم بین تغذیه و تولید مثل سال ها پیش به وضوح مشخص شد. تحقیقات نشان داده است که بسیاری از عناصر کم نیاز در حمایت از تولید مثل در بسیاری از گونه‌های

درصد باروری نیز در مرغ های تیمار ۰/۲۰ درصد عناصر کم نیاز آلی در مقایسه با مرغ های تیمار شاهد بیشتر بود. این نتایج با یافته های Londero و همکاران (۲۰۲۰) همخوانی دارد که در آن گزارش شد مکمل عناصر کم نیاز آلی (میکرو) در جیره مرغ های مادر تخمگذار باعث افزایش باروری در مقایسه با تغذیه اشکال غیر آلی (سولفات) می شود. افزایش باروری تخم ها را می توان به استفاده بیشتر از مواد معدنی در گیر در لقاح، مانند روی، منگنز، مس و سلیوم نسبت داد. به طور مشابه Sun و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند که افزودن مکمل های معدنی آلی به جیره مرغ های مادر گوشتی باعث کاهش پراکسیداسیون لیپیدی، افزایش احتباس مواد مغذی تخم مرغ و افزایش رشد نتاج جوجه های گوشتی می شود. روی، منگنز و مس عملکردهای مهمی در رشد جنین و همچنین ظرفیت جوجه درآوری از تخم ها دارند (Kidd و همکاران، ۱۹۹۲)، و ارتباط مثبتی بین محتوای روی تخم مرغ و ظرفیت جوجه درآوری از تخم ها وجود دارد. همانطور که قبلا در این مقاله توضیح داده شد، عملکردهای مثبتی از مواد معدنی در فرآیندهای تولید مثلی مرغ های مولد وجود دارد که در مطالعه حاضر در نتیجه افزایش باروری تخم ها و درصد جوجه درآوری تایید شد.

نتیجه گیری کلی

به طور کلی، مشخص شد که سطوح ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد عناصر کم نیاز آلی به عنوان سطوح بهینه باعث بهبود عملکرد تولیدی، کیفیت پوسته تخم مرغ، تعداد فولیکول های تخمدان و صفات جوجه کشی می شود. با این حال، استفاده از سطوح پایین تر (۰/۱۰ درصد عناصر کم نیاز آلی) منجر به کاهش پارمترهای مذکور شد که می تواند نشان دهنده کمبود این سطح باشد. بررسی تاثیر سطوح مختلف عناصر کم نیاز بر وضعیت آنتی اکسیدانی، هورمون های تولید مثل، بافت های تولید مثلی، سلامت رحم و جمعیت میکروبی روده درک تفاوت در تولید تخمک را تسهیل می کند.

انتقال عناصر کم نیاز آلی به تخم مرغ (Bai و همکاران، ۲۰۱۷) به زنده ماندن جنین و درصد جوجه درآوری کمک می کند. مواد مغذی در تخم مرغ مرغ های مادر به میزان رسوب این مواد از جیره غذایی و فعالیت های متابولیکی مرغ های مادر بستگی دارد. جذب، متابولیسم و رسوب مواد مغذی مانند ویتامین ها و عناصر کم نیاز توسط مرغ های مادر گوشتی تأثیر مهمی بر میزان جوجه درآوری و سلامت جنین دارد. مکمل غذایی عناصر کم نیاز آلی یک روش موثر برای افزایش غلظت این عناصر در تخم مرغ است (Surai و Fisinin، ۲۰۱۴). مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از عناصر کم نیاز آلی در جیره مرغ های مادر گوشتی به طور موثری میزان جوجه درآوری را افزایش داد که احتمالا به رسوب بیشتر عناصر کم نیاز در تخم مرغ مرتبط باشد (Emamverdi و همکاران، ۲۰۱۹). در این رابطه گزارش شده است که عناصر کم نیاز غیر آلی نمی تواند به طور موثر از سد بلاستودرم مادری عبور کنند و راندمان رسوب در تخم مرغ پایین است. عناصر کم نیاز آلی می توانند به طور موثر از طریق مسیر انتقال اسید آمینه از سد دیسک جنین عبور کنند. همچنین می توانند به طور موثر در تخم ها و جنین ها رسوب کنند، در نتیجه توانایی دفاع آنتی اکسیدانی را بهبود می بخشد و به طور مفیدی بر درصد جوجه آوری و زنده ماندن جوجه ها تأثیر می گذارند (Surai و Fisinin، ۲۰۱۴). در دوره های میانی و پایانی جوجه کشی تخم مرغ، حالت تنفسی جنین از تنفس کوریوآلانتوئیک به تنفس ریوی تغییر می کند که متابولیسم هوایی را تسریع می کند و منجر به تولید بیش از حد رادیکال های آزاد در جنین می شود. این پدیده منجر به پراکسیداسیون لیپیدی، آسیب به اندام و بافت جنین و مرگ جنین می شود (Visschedijk، ۱۹۶۸). بنابراین، یک سیستم آنتی اکسیدانی کامل برای رشد جنین مرغ ضروری است. تامین سطوح بهینه عناصر کم نیاز می تواند به طور قابل توجهی ظرفیت آنتی اکسیدانی مرغ های مادر گوشتی و جنین ها را تنظیم کند (Meng و همکاران، ۲۰۱۹).

- Anchordoquy, J. P., Anchordoquy, J. M., Picco, S. J., Sirini, M. A., Errecalde, A. L. and Furnus, C. C. (2014). Influence of manganese on apoptosis and glutathione content of cumulus cells during in vitro maturation in bovine oocytes. *Cell Biology International*, 38(2), 246-253.
- Aviagen. (2018). Ross 308 parent stock: nutrition specifications. Accessed Apr. http://eu.aviagen.com/assets/Tech-Center/Ross_PS/Ross308-PS-NS-2016-EN.pdf.
- Avila, L. P., Sweeney, K. M., Roux, M., Buresh, R. E., White, D. L., Kim, W. K. and Wilson, J. L. (2023). Evaluation of industry strategies to supply dietary chelated trace minerals (Zn, Mn, and Cu) and their impact on broiler breeder hen reproductive performance, egg quality, and early offspring performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 32(3), 100354-368.
- Bai, S. P., Lu, L., Luo, X. G. and Liu, B. (2008). Kinetics of manganese absorption in ligated small intestinal segments of broilers. *Poultry Science*, 87(12), 2596-2604.
- Bai, S., Jin, G., Li, D., Ding, X., Wang, J., Zhang, K. and Zhao, J. (2017). Dietary organic trace minerals level influences eggshell quality and minerals retention in hens. *Annals of Animal Science*, 17(2), 503-515.
- Behjatian Esfahani, M., Moravej, H., Ghaffarzadeh, M. and Nehzati Paghaleh, G. A. (2021). Comparison the Zn-threonine, Zn-methionine, and Zn oxide on performance, egg quality, Zn bioavailability, and Zn content in egg and excreta of laying hens. *Biological Trace Element Research*, 199(1), 292-304.
- Cheng, R., Dhorajia, V. V., Kim, J. and Kim, Y. (2022). Mitochondrial iron metabolism and neurodegenerative diseases. *Neurotoxicology*, 88, 88-101.
- Dong, Y., Zhang, K., Han, M., Miao, Z., Liu, C. and Li, J. (2022). Low level of dietary organic trace minerals improved egg quality and modulated the status of eggshell gland and intestinal microflora of laying hens during the late production stage. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 418-435.
- Ebeid, T. A., Eid, Y. Z., El-Abd, E. A. and El-Habbak, M. M. (2008). Effects of catecholamines on ovary morphology, blood concentrations of estradiol-17 β , progesterone, zinc, triglycerides and rate of ovulation in domestic hens. *Theriogenology*, 69(7), 870-876.
- Emamverdi, M., Zare-Shahneh, A., Zhandi, M., Zaghari, M., Minai-Tehrani, D. and Khodaei-Motlagh, M. (2019). An improvement in productive and reproductive performance of aged broiler breeder hens by dietary supplementation of organic selenium. *Theriogenology*, 126, 279-285.
- Fathi, M. M., El-Diebshany, A. E., El-Deen, M. B., Radwan, L. M. and Rayan, G. N. (2016). Effect of long-term selection for egg production on eggshell quality of Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Poultry Science*, 95(11), 2570-2575.
- Favero, A., Vieira, S. L., Angel, C. R., Bos-Mikich, A., Lothhammer, N., Taschetto, D. and Ward, T. L. (2013). Development of bone in chick embryos from Cobb 500 breeder hens fed diets supplemented with zinc, manganese, and copper from inorganic and amino acid-complexed sources. *Poultry Science*, 92(2), 402-411.
- Galaris, D., Barbouti, A. and Pantopoulos, K. (2019). Iron homeostasis and oxidative stress: An intimate relationship. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research*, 1866(12), 535-549.
- Garner, T. B., Hester, J. M., Carothers, A. and Diaz, F. J. (2021). Role of zinc in female reproduction. *Biology of Reproduction*, 104(5), 976-994.
- Hamad, M., Bajbouj, K. and Taneera, J. (2020). The case for an estrogen-iron axis in health and disease. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*, 128(04), 270-277.
- Hernandez-Hernandez, A., Gomez-Morales, J., Rodriguez-Navarro, A. B., Gautron, J., Nys, Y. and García-Ruiz, J. M. (2008). Identification of some active proteins in the process of hen

- eggshell formation. *Crystal Growth and Design*, 8(12), 4330-4339.
- Hostetler, C. E., Kincaid, R. L. and Mirando, M. A. (2003). The role of essential trace elements in embryonic and fetal development in livestock. *The Veterinary Journal*, 166(2), 125-139.
- Hurley, W. L. and Doane, R. M. (1989). Recent developments in the roles of vitamins and minerals in reproduction. *Journal of Dairy Science*, 72(3), 784-804.
- Kapper, C., Oppelt, P., Ganhör, C., Gyunesh, A. A., Arbeithuber, B., Stelzl, P. and Rezk-Füreder, M. (2024). Minerals and the Menstrual Cycle: Impacts on Ovulation and Endometrial Health. *Nutrients*, 16(7), 1008-1025.
- Khalid, H., Hanif, M., Ali Hashmi, M., Mahmood, T., Ayub, K. and Monim-ul-Mehboob, M. (2013). Copper complexes of bioactive ligands with superoxide dismutase activity. *Mini reviews in Medicinal Chemistry*, 13(13), 1944-1956.
- Kidd, M., Anthony, N. B., Johnson, Z. and Lee, S. (1992). Effect of zinc methionine supplementation on the performance of mature broiler breeders. *Journal of Applied Poultry Research*, 1(2), 207-211.
- Leach Jr, R. M. and Gross, J. R. (1983). The effect of manganese deficiency upon the ultrastructure of the eggshell. *Poultry Science*, 62(3), 499-504.
- Lebedev, S., Zavyalov, O. and Frolov, A. (2022). Age features and reference intervals for the concentrations of some essential and toxic elements in laying hens. *Veterinary World*, 15(4), 943-957.
- Leeson, S., and Summers, J.D. (2005) in *Commercial Poultry Nutrition* Publ Univ Books, Guelph ON Canada.
- Liu, X. F., Zhang, L. M., Zhang, Z., Liu, N., Xu, S. W. and Lin, H. J. (2013). Manganese-induced effects on testicular trace element levels and crucial hormonal parameters of Hyline cocks. *Biological Trace Element Research*, 151, 217-224.
- Liu, Y. and Miao, J. (2022). An emerging role of defective copper metabolism in heart disease. *Nutrients*, 14(3), 700-714.
- Londero, A., Rosa, A. P., Luiggi, F. G., Fernandes, M. O., Guterres, A., de Moura, S. and Santos, N. (2020). Effect of supplementation with organic and inorganic minerals on the performance, egg and sperm quality and, hatching characteristics of laying breeder hens. *Animal Reproduction Science*, 215, 309-323.
- Lou, Y., Yang, T., Zhu, Y., Xia, C., Cui, H., Deng, H. and Guo, H. (2024). Effects of Trace Elements and Vitamins on the Synthesis of Steroid Hormones in Follicular Granulosa Cells of Yak. *Veterinary Sciences*, 11(12), 619-634.
- Ma, Y., Shi, Y., Wu, Q. and Ma, W. (2021). Dietary arsenic supplementation induces oxidative stress by suppressing nuclear factor erythroid 2-related factor 2 in the livers and kidneys of laying hens. *Poultry Science*, 100(2), 982-992.
- Manangi, M. K., Vazques-Anon, M., Richards, J. D., Carter, S. and Knight, C. D. (2015). The impact of feeding supplemental chelated trace minerals on shell quality, tibia breaking strength, and immune response in laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 24(3), 316-326.
- Maysa, M. H., El-Sheikh, A. M. H. and Abdalla, E. A. (2009). The effect of organic selenium supplementation on productive and physiological performance in a local strain of chicken. 1-the effect of organic selenium (Sel-Plex™) on productive, reproductive and physiological traits of Bandarah local strain. *Egyptian Poultry Science Journal*, 29(4), 1061-1084.
- Meng, T., Liu, Y. L., Xie, C. Y., Zhang, B., Huang, Y. Q., Zhang, Y. W. and Wu, X. (2019). Effects of different selenium sources on laying performance, egg selenium concentration, and antioxidant capacity in laying hens. *Biological Trace Element Research*, 189, 548-555.
- Nasiadek, M., Stragierowicz, J., Klimczak, M. and Kilanowicz, A. (2020). The role of zinc in selected female reproductive system disorders. *Nutrients*, 12(8), 2464-79.

- Nguyen, H. T. T., Morgan, N., Roberts, J. R., Wu, S. B., Swick, R. A. and Toghyani, M. (2021). Zinc hydroxychloride supplementation improves tibia bone development and intestinal health of broiler chickens. *Poultry Science*, 100(8), 101254-68.
- Nikhil Kumar Tej, J., Johnson, P., Krishna, K., Kaushik, K., Gupta, P. S. P., Nandi, S. and Mondal, S. (2021). Copper and Selenium stimulates CYP19A1 expression in caprine ovarian granulosa cells: possible involvement of AKT and WNT signalling pathways. *Molecular Biology Reports*, 48, 3515-3527.
- Nys, Y., Hincke, M. T., Arias, J. L., Garcia-Ruiz, J. M. and Solomon, S. E. (1999). Avian eggshell mineralization. *Poultry and Avian Biology Reviews*, 10(3), 143-166.
- Olgun, O., Gül, E. T., Kılınç, G., Gökmen, F., Yıldız, A., Uygur, V. and Sarmiento-García, A. (2024). Comparative Effects of Including Inorganic, Organic, and Hydroxy Zinc Sources on Growth Development, Egg Quality, Mineral Excretion, and Bone Health of Laying Quails. *Biological Trace Element Research*, 12, 1-10.
- Olukosi, O. A., van Kuijk, S. and Han, Y. (2018). Copper and zinc sources and levels of zinc inclusion influence growth performance, tissue trace mineral content, and carcass yield of broiler chickens. *Poultry Science*, 97(11), 3891-3898.
- Olukosi, O. A., Van Kuijk, S. J. and Han, Y. (2019). Sulfate and hydroxychloride trace minerals in poultry diets—comparative effects on egg production and quality in laying hens, and growth performance and oxidative stress response in broilers. *Poultry Science*, 98(10), 4961-4971.
- Park, S. Y., Birkhold, S. G., Kubena, L. F., Nisbet, D. J. and Ricke, S. C. (2004). Review on the role of dietary zinc in poultry nutrition, immunity and reproduction. *Biological Trace Element Research*, 101(2), 147-163.
- Pedro, D., Rosa, A. P., Londero, A., Forgiarini, J., Branco, T., Freitas, H. M. D. and Pilecco, M. (2021). Performance of broiler breeders supplemented with organic and inorganic minerals. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93(2), 48-64.
- Petrucchio, S. and Percudani, R. (2008). Structural recognition of DNA by poly (ADP-ribose) polymerase-like zinc finger families. *The FEBS journal*, 275(5), 883-893.
- Powell, S. R. (2000). The antioxidant properties of zinc. *The Journal of Nutrition*, 130(5), 1447-1454.
- Puig, S., Ramos-Alonso, L., Romero, A. M. and Martínez-Pastor, M. T. (2017). The elemental role of iron in DNA synthesis and repair. *Metallomics*, 9(11), 1483-1500.
- Renema, R. A., Robinson, F. E., Melnychuk, V. L., Hardin, R. T., Bagley, L. G., Emmerson, D. A. and Blackman, J. R. (1995). The use of feed restriction for improving reproductive traits in male-line large white Turkey hens.: 2. Ovary morphology and laying traits. *Poultry Science*, 74(1), 102-120.
- Robinson, F. E. and Etches, R. J. (1986). Ovarian steroidogenesis during follicular maturation in the domestic fowl (*Gallus Domesticus*). *Biology of Reproduction*, 35(5), 1096-1105.
- Saber, S., Kutlu, H. A. S. A. N., Uzun, Y., Celik, L. Ü. T. F. İ., Yucelt, O. and Baylan, M. (2020). Effects of form of dietary trace mineral premix on fertility and hatchability of broiler breeder hens and post-hatch performance and carcass parameters of their progenies. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 26, 171-180.
- Saleh, A. A., Elsawee, M., Soliman, M. M., Elkon, R. Y., Alzawqari, M. H., Shukry, M. and Eltahan, H. (2021). Effect of Bacterial or Fungal Phytase Supplementation on the Performance, Egg Quality, Plasma Biochemical Parameters, and Reproductive Morphology of Laying Hens. *Animals*, 11(2), 540.
- Solomon, S. E. (2010). The eggshell: strength, structure and function. *British poultry science*, 51(sup1), 52-59.
- Song, Y. S., Annalora, A. J., Marcus, C. B., Jefcoate, C. R., Sorenson, C. M. and Sheibani, N. (2022). Cytochrome P450 1B1: A key regulator of ocular iron homeostasis and oxidative

- stress. *Cells*, 11(19), 2930-2946.
- Soto-Heras, S. and Paramio, M. T. (2020). Impact of oxidative stress on oocyte competence for in vitro embryo production programs. *Research in Veterinary Science*, 132, 342-350.
- Stefanello, C., Santos, T. C., Murakami, A. E., Martins, E. N. and Carneiro, T. C. (2014). Productive performance, eggshell quality, and eggshell ultrastructure of laying hens fed diets supplemented with organic trace minerals. *Poultry Science*, 93(1), 104-113.
- Studer, J. M., Schweer, W. P., Gabler, N. K. and Ross, J. W. (2022). Functions of manganese in reproduction. *Animal Reproduction Science*, 238, 106924.
- Sun, Q., Guo, Y., Ma, S., Yuan, J., An, S. and Li, J. (2012). Dietary mineral sources altered lipid and antioxidant profiles in broiler breeders and posthatch growth of their offsprings. *Biological Trace Element Research*, 145, 318-324.
- Surai, P. F. and Fisinin, V. I. (2014). Selenium in poultry breeder nutrition: An update. *Animal Feed Science and Technology*, 191, 1-15.
- Taschetto, D., Vieira, S. L., Angel, C. R., Stefanello, C., Kindlein, L., Ebbing, M. A. and Simões, C. T. (2017). Iron requirements of broiler breeder hens. *Poultry Science*, 96(11), 3920-3927.
- Upadhaya, S. D. and Kim, I. H. (2020). Importance of micronutrients in bone health of monogastric animals and techniques to improve the bioavailability of micronutrient supplements—A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(12), 1885–1895.
- Villagómez-Estrada, S., Pérez, J. F., van Kuijk, S., Melo-Durán, D., Karimirad, R. and Solà-Oriol, D. (2021). Effects of two zinc supplementation levels and two zinc and copper sources with different solubility characteristics on the growth performance, carcass characteristics and digestibility of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105(1), 59-71.
- Visschedijk, A. H. J. (1968). The air space and embryonic respiration: 1. The pattern of gaseous exchange in the fertile egg during the closing stages of incubation. *British Poultry Science*, 9(2), 173-184.
- Wessels, I., Maywald, M. and Rink, L. (2017). Zinc as a gatekeeper of immune function. *Nutrients*, 9(12), 1286-1297.
- Xie, J., Tian, C., Zhu, Y., Zhang, L., Lu, L. and Luo, X. (2014). Effects of inorganic and organic manganese supplementation on gonadotropin-releasing hormone-I and follicle-stimulating hormone expression and reproductive performance of broiler breeder hens. *Poultry Science*, 93(4), 959-969.
- Yang, S., Deng, H., Zhu, J., Shi, Y., Luo, J., Chen, T. and Xi, Q. (2024). Organic Trace Elements Improve the Eggshell Quality via Eggshell Formation Regulation during the Late Phase of the Laying Cycle. *Animals*, 14(11), 1637-1651.
- Yaqoob, M. U., Wang, G., Sun, W., Pei, X., Liu, L., Tao, W. and Pelletier, W. (2020). Effects of inorganic trace minerals replaced by complexed glycinate on reproductive performance, blood profiles, and antioxidant status in broiler breeders. *Poultry Science*, 99(5), 2718-2726.
- Yu, L., Yi, J., Chen, Y., Huang, M. and Zhu, N. (2021). Relative Bioavailability of Broiler Chickens Fed with Zinc Hydroxychloride and Sulfate Sources for Corn-Soybean Meal. *Biological Trace Element Research*, 1-12.