



Investigating the organic and mineral forms of copper, zinc, and manganese on the productive and reproductive performance of broiler breeder hens

Seyede Atiye Mojaverian¹ | Shahabodin Gharahveysi^{2✉} | Mohsen Hajipour³

1. Department of Animal Science, QaS.C., Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran. Email: a.mojaverian@qaemiau.ac.ir
 2. Corresponding Author, Department of Animal Science, QaS.C., Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran. Email: s.gharahveysi@qaemiau.ac.ir
 3. Department of Animal Science, QaS.C., Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran. Email: m.hajipour@qaemiau.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 4 September 2024
 Received in revised form
 17 March 2025
 Accepted 25 March 2025
 Published online 4 May 2025

Keywords:

Broiler breeders
 Element minerals
 Fertility rate
 Hatchability
 Production performance

ABSTRACT

Objective: The present study aimed to investigate the effects of organic and inorganic forms of copper, zinc, and manganese on broiler breeder hens' productive and reproductive performance of Ross 308 broiler breeders at 33 and 36 weeks.

Method: In this study, 240 hens and 30 roosters of Ross 308 strain were used in 30 experimental pens. This research was carried out as a factorial experiment 2×3 with three types of minerals (copper, zinc, and manganese) and two forms (organic and inorganic) in a completely randomized design with six treatments, five replications, and 8 hens and one rooster in each replication. Weeks 29 to 32 were considered as the adaptation period. The experimental treatments included: 1) diet containing inorganic zinc, 2) diet containing organic zinc, 3) diet containing inorganic copper, 4) diet containing organic copper, 5) diet containing inorganic manganese, and 6) diet containing organic manganese. The required amount of elements in inorganic form was 16 mg/kg for copper (copper sulfate), 90 mg/kg for zinc (zinc sulfate) and 130 mg/kg for manganese (manganese sulfate) and the recommended amount of elements in organic form in the present study was 13.33 mg/kg for copper (copper-methionine), 48.65 mg/kg for zinc (zinc-methionine) and 73.86 mg/kg for manganese (manganese-methionine). The data obtained by LSmeans method were analyzed by SAS statistical software.

Results: The results indicated that the use of diets containing organic forms of elements had a significant effect on egg production traits, including egg production rate, egg mass, egg weight, hatchable eggs, fertility rate, hatchability, and the weight of hatched chicks ($P < 0.05$). Specifically, organic zinc enhanced the percentage of egg production, egg weight, and egg mass during weeks 33 and 36 of the study. However, inorganic zinc demonstrated a better effect on egg mass compared to inorganic manganese ($P < 0.05$). Furthermore, the effect of organic and inorganic copper, as well as inorganic zinc, on the percentage of egg production in these weeks was significantly greater than that of inorganic manganese ($P < 0.05$). Similarly, regarding egg weight, a significant positive effect was observed from the combination of organic copper and inorganic zinc, which performed better than inorganic copper and organic and inorganic manganese ($P < 0.05$). The results also revealed that the effect of organic zinc on the percentage of hatchable eggs was significantly greater than that of other organic and inorganic elements among the treatments in the weeks studied ($P < 0.05$). In addition, the findings regarding hatchability indicated that the effects of both organic and inorganic zinc surpassed those of other elements ($P < 0.05$). The influence of these elements on the fertility rate was also significant, with organic and inorganic zinc exhibiting a higher effect than other organic and inorganic elements ($P < 0.05$). Lastly, the impact of the studied elements on the weight of freshly hatched chicks demonstrated the superiority of organic zinc compared to other organic and inorganic elements.

Conclusions: In general, the effect of organic form of elements on the studied traits was greater than the inorganic form of elements, and the highest and lowest effect of the treatments on the studied traits were related to organic zinc and inorganic manganese, respectively. Based on the present results, the use of organic forms of elements (especially organic zinc) is recommended to improve the production and reproductive traits of broiler breeders.

Cite this article: Mojaverian, S. A., Gharahveysi, Sh., & Hajipour, M. (2025). Investigating the organic and mineral forms of copper, zinc, and manganese on the productive and reproductive performance of broiler breeder hens. *Journal of Animal Production*, 27(1), 93-105. DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.381902.623804>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.381902.623804>

Publisher: University of Tehran Press.



بررسی اشکال آلی و معدنی عناصر مس، روی و منگنز بر عملکرد تولیدی و تولید مثلی مرغ‌های مادر گوشتی

سیده عطیه مجاوریان^۱ | شهاب‌الدین قره‌ویسی^۲ | محسن حاجی‌پور^۳

۱. گروه علوم دامی، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران. رایانامه: a.mojaverian@qaemiau.ac.ir
 ۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران. رایانامه: s.gharavysi@qaemiau.ac.ir
 ۳. گروه علوم دامی، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران. رایانامه: m.hajipour@qaemiau.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

هدف: هدف از مطالعه حال حاضر بررسی اثرات اشکال آلی و معدنی مس، روی و منگنز بر عملکرد تولیدی و تولیدمثلی مرغ‌های مادر گوشتی سویه راس ۳۰۸ در هفته‌های ۳۳ و ۳۶ بود.

روش پژوهش: در مطالعه حاضر از ۲۴۰ قطعه مرغ و ۳۰ قطعه خروس گوشتی سویه راس ۳۰۸ در یک آزمایش فاکتوریل ۳×۲ با سه نوع ماده معدنی (مس، روی و منگنز) و با دو شکل (آلی و معدنی) در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار، پنج تکرار و در هر تکرار هشت قطعه مرغ و یک قطعه خروس استفاده شد. هفته‌های ۲۹ تا ۳۲ به‌عنوان دوره سازگاری در نظر گرفته شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- جیره حاوی روی معدنی، ۲- جیره حاوی روی آلی، ۳- جیره حاوی مس معدنی، ۴- جیره حاوی مس آلی، ۵- جیره حاوی منگنز معدنی و ۶- جیره حاوی منگنز آلی بود. مقدار موردنیاز عناصر به شکل معدنی برای مس (سولفات مس) ۱۶ میلی‌گرم/کیلوگرم، روی (سولفات روی) ۹۰ میلی‌گرم/کیلوگرم و منگنز (سولفات منگنز) ۱۳۰ میلی‌گرم/کیلوگرم بود و مقدار توصیه‌شده عناصر به شکل آلی در مطالعه حال حاضر برای مس (مس-متیونین) ۱۳/۳۳ میلی‌گرم/کیلوگرم، روی (روی-متیونین) ۴۸/۶۵ میلی‌گرم/کیلوگرم و منگنز (منگنز-متیونین) ۷۳/۸۶ میلی‌گرم/کیلوگرم بود. داده‌های به‌دست‌آمده با روش LSmeans توسط نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که استفاده از جیره‌های حاوی اشکال آلی عناصر بر صفات تولید تخم، توده تخم، وزن تخم، تخم قابل جوجه‌کشی، نرخ باروری، قابلیت جوجه درآوری و وزن جوجه تازه‌هچ‌شده معنی‌دار بود. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، روی آلی موجب افزایش درصد تولید تخم، درصد وزن تخم و توده تخم در هفته‌های ۳۳ و ۳۶ مطالعه شد. با این حال، روی معدنی تأثیر بهتری بر توده تخم در مقایسه با منگنز معدنی داشت. علاوه بر این، تأثیر مس آلی و معدنی و روی معدنی در درصد تولید تخم در این هفته‌ها به‌طور قابل‌توجهی بیش‌تر از تأثیر منگنز معدنی بود. به همین ترتیب، در زمینه وزن تخم‌مرغ نیز تأثیر مثبت و قابل‌توجهی از ترکیب مس آلی و روی معدنی مشاهده شد که عملکرد بهتری نسبت به مس معدنی و منگنز آلی و معدنی داشت. همچنین نتایج نشان داد اثر روی آلی بر درصد تخم قابل جوجه‌کشی به‌طور قابل‌توجهی بیش‌تر از سایر عناصر با اشکال آلی و معدنی در بین تیمارها در هفته‌های موردبررسی بود. نتایج تحقیق حاضر در مورد درصد قابلیت جوجه‌درآوری نشان داد که اثرات روی آلی و معدنی بیش‌تر از سایر عناصر بود. علاوه بر این، اثر این عناصر بر درصد نرخ باروری نیز معنی‌دار بود، به‌طوری‌که اثر روی آلی و معدنی نسبت به سایر عناصر آلی و معدنی بالاتر مشاهده شد. اثر عناصر موردبررسی بر وزن جوجه‌های تازه تولیدی (تازه‌هچ شده) نشان‌دهنده برتری اثر روی آلی در مقایسه با سایر عناصر آلی و معدنی بود.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی تأثیر شکل آلی عناصر بر صفات مورد مطالعه بیش‌تر از شکل معدنی عناصر مورد مطالعه بود و بیش‌ترین تأثیر تیمارها بر صفات مورد مطالعه به‌ترتیب مربوط به روی آلی و کم‌ترین تأثیر تیمارها بر صفات مورد مطالعه مربوط به منگنز معدنی بود. بر اساس نتایج حال حاضر استفاده از اشکال آلی عناصر معدنی (به‌خصوص روی آلی) برای بهبود صفات تولیدی و تولیدمثلی مرغ‌های مادر گوشتی توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها:

اشکال آلی
عناصر معدنی
قابلیت جوجه درآوری
مرغ مادر گوشتی
نرخ باروری

استناد: مجاوریان، سیده عطیه؛ قره‌ویسی، شهاب‌الدین و حاجی‌پور، محسن (۱۴۰۴). بررسی اشکال آلی و معدنی عناصر مس، روی و منگنز بر عملکرد تولیدی و تولید مثلی مرغ‌های مادر گوشتی. *نشریه تولیدات دامی*، ۲۷ (۱)، ۹۳-۱۰۵. DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.381902.623804>



۱. مقدمه

تأمین مواد مغذی مهم در جیره مرغ‌های مادر گوشتی برای دستیابی به تولید بالا با بازدهی مطلوب، لازم و ضروری است. مواد معدنی کم‌نیاز در حفظ سلامتی، رشد و نمو نقش حیاتی دارند (Ghasemi et al., 2020). روی، منگنز و مس در بسیاری از فرایندهای هضم، بیوسنتز و فیزیولوژیک بدن نقش دارند (Wang et al., 2019). این مواد معدنی اثرات مثبتی بر تولید تخم در مرغ‌های مادر گوشتی و مرغ‌های تخم‌گذار دارند و همچنین سبب بهبود اندازه و حفظ کیفیت پوسته تخم می‌شوند (Rezapour a et al., 2024).

تخم‌های تولیدشده از مرغ‌های محروم مانده از مس، اندازه و شکل غیرطبیعی داشته، فاقد و یا با چین و چروک پوسته می‌باشند که وجود پوسته خشن به علت ناهنجاری غشای پوسته می‌باشد (Alirezai Shahraki et al., 2024). در مطالعه‌ای از مس به میزان ۶/۶ میلی گرم در کیلوگرم به جیره شاهد اضافه شد و مس آلی به صورت کیلات‌شده با پروتئین به عنوان منبع آلی برای مقایسه با منبع سولفات مورد استفاده قرار گرفت و مکمل مواد معدنی ارائه‌شده حاوی هشت میلی گرم در کیلوگرم مس بود، نتایج نشان داد ضریب تبدیل خوراک برای جوجه‌های تغذیه‌شده با هر دو منبع معدنی مس و روی نسبت به جوجه‌های تغذیه‌شده با تنها منبع معدنی روی بسیار کم‌تر بود (Ao et al., 2009).

کمبود روی سبب کاهش رشد، تولید و جوجه درآوری می‌شود و میزان ناکافی روی در مرغ ممکن است کیفیت پوسته تخم را کاهش دهد و در نتیجه این امر ممکن است تولید تخم و جوجه درآوری را کاهش دهد. مطالعات در مورد ارتباط روی با فعالیت تولید مثل مرغ نشان می‌دهد که باید سطح مناسبی از روی در تخم مرغ برای تولید جنین طبیعی و توسعه و شکل‌گیری اندام جوجه وجود داشته باشد. تغذیه مرغ با جیره‌های حاوی غلظت کم روی (کم‌تر از ۱۱ میلی گرم/کیلوگرم روی) منجر به بروز شیوع بالای مرگ‌ومیر جنین و کیفیت پایین جوجه می‌شود (Dong et al., 2021).

منگنز عنصری است که در بسیاری از واکنش‌های بدن به‌ویژه واکنش‌های مربوط به استخوان و غضروف، رشد و باروری، تشکیل پوسته تخم، عملکرد سیستم ایمنی، سوخت‌وساز اسیدهای آمینه، کربوهیدرات‌ها و کلسترول نقش ضروری دارد (Rezapour et al., 2024). کمبود منگنز در پرندگان موجب تشکیل غیرطبیعی استخوان (پروسیز در جوجه)، اختلال در متابولیسم کربوهیدرات و چربی، عقب‌ماندگی رشد، درمانیت و عدم باروری می‌شود. همچنین مشاهده شده است که مرغ‌های مادر محروم از منگنز، جنین‌هایی با اسکلت ناقص تولید می‌کنند (Kimura, 2016).

مطالعات محدودی تأثیر اشکال آلی در مقابل اشکال معدنی مس، روی و منگنز را بر عملکرد تولیدی و تولید مثلی مرغ‌های مادر گوشتی بررسی کرده‌اند. پژوهش‌های نشان می‌دهد که مواد آلی می‌توانند جایگزین مؤثری برای اشکال معدنی در جیره‌های طیور باشند و دفع مواد معدنی را کاهش دهند (Świątkiewicz et al., 2014). مصرف مواد معدنی به فرم آلی، اثرات مثبتی بر تولید تخم و نرخ باروری در طیور را نشان داده است (Londero et al., 2020). در آزمایشی جایگزینی مواد آلی با مواد معدنی در مرغ‌های مادر گوشتی منجر به نرخ تخم‌گذاری بالاتر، ضریب تبدیل بهتر و تعداد تخم مرغ تولیدی بیشتر شد. با این حال، نرخ باروری در گروه‌های دریافت‌کننده مواد معدنی آلی در مقایسه با گروه کنترل (شاهد) به‌طور قابل توجهی کم‌تر بود (Emamverdi et al., 2019).

در مطالعه دیگری استفاده از عناصر آلی موجب بهبود باروری، افزایش قابلیت جوجه‌ریزی و کاهش مرگ‌ومیر نتاج مرغ‌های مادر گوشتی شده است و استفاده از آن‌ها مؤثرتر از منابع معدنی در جیره طیور بیان شد (Faghieh Mohammadi et al., 2022). پژوهش دیگری اثرات مصرف بلندمدت منابع روی در جیره غذایی به شکل روی سولفات ($ZnSO_4$) در مقایسه با کمپلکس اسید آمینه روی آلی بر عملکرد تولید مثلی مرغ‌های مادر گوشتی را بررسی کرد، این پژوهش نشان

داد که وزن مخصوص تخم مرغ، تولید تخم مرغ و تولید جوجه (قابلیت هچ) در زمان مصرف روی معدنی در بلندمدت در جیره بهینه تر بود (Zhang et al., 2017).

برزگر و همکاران (۱۳۹۵)، اثر استفاده از سطوح مختلف مکمل های منگنز (کیلات آلی، سولفات و اکسید منگنز) در جیره مرغ های تخم گذار را بررسی کردند و نتایج نشان داد که اعمال تیمارهای آزمایشی در چهار هفته نخست پس از شروع آزمایش، تأثیر معنی داری بر عملکرد تولید نداشت اما با ادامه آزمایش در چهار هفته دوم و سوم پس از شروع آزمایش در پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی مکمل منگنز به فرم آلی در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی مکمل منگنز به فرم اکسید عملکرد تولید به طور معنی داری بالاتر بود که دلیل آن ناشی از ارزش بیولوژیکی بالاتر این نوع مکمل نسبت به مکمل های نوع سولفات و اکسید بیان شد.

نویخت و همکاران (۱۳۸۷)، نشان دادند که کاهش و یا حذف مکمل های مواد معدنی از جیره جوجه های گوشتی در مراحل رشد و پایدانی اثرات معنی داری بر صفات عملکرد آن ها نداشته است.

پژوهش های محدودی در زمینه بررسی اثرات مواد معدنی روی، مس و منگنز در مرغ های مادر گوشتی موجود است. هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر اشکال آلی و معدنی مس، روی و منگنز بر عملکرد تولیدی و تولید مثلی مرغ های مادر گوشتی سویه راس ۳۰۸ در هفته های ۳۳ و ۳۶ دوره تولید بود.

۲. روش پژوهش

مطالعه حاضر در یک مزرعه مرغ مادر خصوصی واقع در شهرستان قائمشهر از مرداد تا شهریورماه سال ۱۴۰۲ انجام شد. تعداد ۲۴۰ قطعه مرغ و ۳۰ خروس گوشتی سویه راس ۳۰۸ به طور تصادفی در شش تیمار و پنج تکرار (هشت قطعه مرغ و یک قطعه خروس) در ۳۰ پن به ابعاد ۱/۵×۲/۵ مترمربع نگهداری شدند. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- جیره حاوی مکمل عنصر کم نیاز معدنی روی، ۲- جیره حاوی مکمل عنصر کم نیاز آلی روی، ۳- جیره حاوی مکمل عنصر کم نیاز معدنی مس، ۴- جیره حاوی مکمل عنصر کم نیاز آلی مس، ۵- جیره حاوی مکمل عنصر کم نیاز معدنی منگنز و ۶- جیره حاوی مکمل عنصر کم نیاز آلی منگنز بود. هفته های ۲۹ تا ۳۲ به عنوان دوره سازگاری و رکوردگیری در سن ۳۳ هفتگی و ۳۶ هفتگی انجام شد. در طول مطالعه همه پرندگان در معرض ۱۴ ساعت نور و ۱۰ ساعت تاریکی قرار گرفتند. خروس ها هر روز قبل از تاریکی هوا از واحدهای آزمایشی جمع آوری و پس از روشنایی و تغذیه، به صورت تصادفی به هر پن آزمایشی یک خروس اضافه شد. سایر پارامترهای محیطی نظیر دما (۲۲ درجه سانتی گراد)، آبخوری (یک نیپل/نه پرنده)، فضای تغذیه (۱۵ سانتی متر/پرنده)، تراکم پرنده (۲/۴ پرنده در مترمربع)، رطوبت (۶۵-۶۰ درصد)، نور (۶۰ لوکس) و تهویه برای همه تیمارها یکسان بود. پرندگان روزانه تحت پایش قرار گرفتند و هرگونه ناهنجاری و بیماری ثبت و در صورت لزوم تحت درمان قرار گرفتند.

کلیه جیره ها براساس دستورالعمل کاتالوگ راس ۳۰۸ (۲۰۲۱) و جیره پایه براساس پیشنهادات جدول احتیاجات غذایی طیور (NRC, 1994) تنظیم شدند (جدول ۱). مقدار و شکل آلی و معدنی روی، مس و منگنز در تیمارهای مختلف متفاوت بود. البته در جیره پایه از اشکال معدنی عناصر مذکور استفاده شد. از سولفات مس ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)، سولفات روی ($\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) و سولفات منگنز ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) تولید شرکت گیوان شیمی (تهران - ایران) به عنوان منابع معدنی و از مس-متیونین ($\text{Zinpro}^\circ \text{Availa}^\circ \text{Cu-10.0\%}$)، روی-متیونین ($\text{Zinpro}^\circ \text{Availa}^\circ \text{Zn-12.0\%}$) و منگنز-متیونین ($\text{Zinpro}^\circ \text{Availa}^\circ \text{Mn-8.0\%}$) تولید شرکت Zinpro° آمریکا برای تأمین منابع آلی مورد مطالعه استفاده شد. مقدار مورد نیاز عناصر به شکل سولفات برای مرغ های مادر گوشتی راس طبق دستورالعمل کاتالوگ راس ۳۰۸ (۲۰۲۱). به ترتیب برای مس، روی و منگنز: ۱۶، ۹۰ و ۱۳۰ میلی گرم/کیلوگرم و زیست فراهمی ۱۲۰، ۱۸۵ و ۱۷۶ درصد (طبق

دستورالعمل کاتالوگ شرکت تولیدکننده) تعیین شد. با توجه به قابلیت زیست‌فراهمی بالای عناصر معدنی با ترکیب آلی، مقدار موردنظر برای تأمین نیاز بدن پرنده از عناصر با ترکیب معدنی کم‌تر بود. پس، مقدار توصیه‌شده عناصر به شکل آلی طبق نظر شرکت سازنده در پژوهش حاضر به‌ترتیب برای مس، روی و منگنز: ۱۳/۳۳، ۴۸/۶۵ و ۷۳/۸۶ میلی‌گرم/کیلوگرم بود. برای تولید جیره‌های آزمایشی، ابتدا کیلات‌های آلی مس، روی و منگنز خریداری و سپس به یک کارخانه مکمل‌سازی واقع در شهرک صنعتی بشل قائمشهر منتقل شد و مکمل‌های معدنی با ترکیب آلی که حاوی عناصر موردبررسی بود، تولید شد و به مزرعه تحقیقاتی منتقل شد.

جدول ۱. مواد خوراکی و ترکیبات شیمیایی جیره پایه مرغ‌های مادر گوشتی (۳۶-۳۳ هفتگی)

ترکیب جیره	مقدار	مواد مغذی جیره	مقدار
ذرت	۶۰/۰۰	انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم)	۲۷۹۵/۰۰
کنجاله سویا (۴۴ درصد)	۱۷/۵۰	پروتئین خام	۱۴/۴۵
سپوس گندم	۹/۵۰	لیزین	۰/۵۶
روغن سویا	۳/۰۰	متیونین	۰/۳۵
دی‌کلسیم فسفات	۱/۲۵	متیونین + سیستین	۰/۵۷
پودر صدف	۴/۵۲	ترئونین	۰/۵۳
کربنات کلسیم	۳/۰۰	کلسیم	۳/۲۰
جوش شیرین	۰/۲۵	فسفر قابل دسترس	۰/۳۴
نمک	۰/۳۲	سدیم	۰/۱۸
متیونین	۰/۱۷	کلر	۰/۱۸
تریونین	۰/۰۴		
کولین کلراید	۰/۰۵		
مکمل ویتامین ^۱	۰/۲۵		
مکمل معدنی ^۲	۰/۲۵		

۱ و ۲. ترکیب مکمل ویتامین و مکمل معدنی برای هر کیلوگرم جیره شامل ویتامین A، ۱۰۰۰۰ IU؛ واحد بین‌المللی (IU)؛ D₃، ۳۲۰۰ IU؛ واحد بین‌المللی (IU)؛ E، ۱۳۰ IU؛ واحد بین‌المللی (IU)؛ K₃، ۹ میلی‌گرم؛ B₁₂، ۰/۰۷ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین، ۲۰ میلی‌گرم؛ پنتوتنیک‌اسید، ۲۵ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۷۰ میلی‌گرم؛ کولین، ۱۶۰۰ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۶ میلی‌گرم؛ تیامین، ۶ میلی‌گرم؛ پیریدوکسین، ۸ میلی‌گرم؛ فولیک‌اسید، ۵ میلی‌گرم؛ ید، ۳ میلی‌گرم؛ آهن، ۵۰ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۳ میلی‌گرم؛ کبالت، ۵۰۰ میکروگرم بود. مقدار و شکل آلی و معدنی روی، مس و منگنز در تیمارهای مختلف متفاوت بود.

برای بررسی درصد تولید تخم، بعد از جمع‌آوری تخم‌ها، درصد تولید روزانه در هر پن آزمایشی محاسبه شد. جهت جلوگیری از فساد تخم و عدم ایجاد خطای آزمایشی، تخم‌ها در دو نوبت، ۱۱ صبح و هفت عصر جمع‌آوری گردید. در پایان هفته میانگین درصد تولید هفتگی هر پن آزمایشی از طریق (رابطه ۱) محاسبه شد:

$$\text{رابطه ۱)} \quad 100 \times (\text{تعداد مرغ‌های موجود در هر پن} / \text{تعداد تخم در هر پن}) = \text{درصد تولید تخم}$$

برای بررسی وزن تخم، هر هفته یک‌بار، از تخم‌مرغ‌های تولیدی در آخرین روز هفته، تعداد دو تخم به‌ازای هر پن به‌طور جداگانه به‌عنوان نمونه، برداشت شد و در آزمایشگاه صفات کمی تخم‌ها (صفات مربوط به پوسته) محاسبه گردید. وزن تخم‌مرغ با استفاده از ترازوی دقیق دیجیتالی Ohaus (مدل PA4102، کشور آمریکا) با دقت ۰/۰۱ گرم به‌طور روزانه اندازه‌گیری و در پایان هر روز با استفاده از (رابطه ۲) محاسبه شده و در پایان هفته به‌صورت میانگین وزن تخم‌مرغ هفتگی، برای هر واحد آزمایشی محاسبه و ثبت گردید.

$$\text{رابطه ۲)} \quad (\text{تعداد تخم‌مرغ در هر پن} / \text{وزن کل تخم‌های تولیدی}) = \text{میانگین وزن تخم روزانه}$$

محاسبه توده تخم‌مرغ با توجه به درصد تولید تخم و وزن تخم هر واحد آزمایشی هر روز با استفاده از (رابطه ۳) محاسبه شد.

$$\text{رابطه ۳)} \quad 100 \div (\text{درصد تولید تخم در هر پن} \times \text{وزن تخم‌های تولیدی در هر پن}) = \text{توده تخم در هر پن آزمایشی}$$

برای به‌دست‌آوردن تعداد تخم‌مرغ‌های قابل جوجه‌کشی (هر هفته به‌صورت هفتگی) بعد از توزین، تخم‌های ریز، دو زرده، کثیف و لمبه جدا شده و تخم‌های قابل جوجه‌کشی انتخاب و آمار آن‌ها ثبت گردید.

در پژوهش انجام شده درصد جوجه درآوری به صورت هفتگی به کمک رابطه (۴) محاسبه شد.
 رابطه (۴) $100 \times (\text{تعداد تخم مرغ های قابل جوجه کشی} / \text{تعداد جوجه های هچ شده}) = \text{درصد جوجه درآوری}$
 نرخ باروری با استفاده از نوربینی (کندلینگ) در روز هفتم بعد از خوابانیدن تخم ها در دستگاه جوجه کشی بررسی و با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد.

رابطه (۵) $100 \times (\text{تعداد تخم مرغ های قابل جوجه کشی} / \text{تعداد تخم مرغ های نطفه دار}) = \text{درصد نرخ باروری}$
 برای بررسی وزن جوجه تولیدی، تعداد دو جوجه از هر پن آزمایشی به صورت تصادفی هر هفته بلافاصله بعد از تفریح، توزین و ثبت گردید.

تجزیه و مقایسه میانگین داده های حاصل از پژوهش حاضر با استفاده از رویه LSMeans در نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) در سطح معنی داری پنج درصد انجام شد. مدل آماری مورد استفاده در رابطه (۶) ارائه شده است.

رابطه (۶) $y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$

که در این رابطه، y_{ijk} مقدار هر مشاهده؛ μ اثر میانگین؛ A_i اثر فاکتور A (در سه سطح اثر عناصر روی، مس و منگنز)؛ B_j اثر فاکتور B (در دو سطح اشکال آلی و معدنی)؛ $(AB)_{ij}$ اثر متقابل دو فاکتور A و B و e_{ijk} اثر عوامل باقیمانده (خطای آزمایشی تصادفی) است.

۳. یافته های پژوهش

در مطالعه حاضر اثر عناصر روی، مس و منگنز، به همراه اشکال آلی و معدنی آن ها و همچنین اثرات متقابل این عناصر بر درصد تولید، وزن و توده تخم مرغ در هفته های ۳۳ و ۳۶ از لحاظ آماری معنی دار بود (جدول های ۲ و ۳). نتایج نشان داد که اثر عنصر روی به صورت آلی بر درصد تولید تخم در هفته های ۳۳ و ۳۶ به ترتیب برابر با ۹۱/۴۳ درصد و ۹۱/۹۰ درصد بود که این مقادیر بالاتر از سایر عناصر آلی و معدنی ثبت گردید ($p < 0.05$). به طور مشابه، اثر عنصر روی به صورت آلی بر درصد وزن تخم مرغ نیز به ترتیب معادل ۵۴/۹۴ درصد و ۵۸/۸۹ درصد بود که این مقادیر نیز نسبت به سایر عناصر آلی و معدنی بیش تر بود ($p < 0.05$). در نهایت، اثر عنصر روی به صورت آلی بر توده تخم مرغ در هفته های ۳۳ و ۳۶ به ترتیب ۵۰/۲۵ گرم و ۵۴/۱۳ گرم ثبت شد که این ارقام نیز بالاتر از سایر عناصر آلی و معدنی مشاهده گردید ($p < 0.05$). با این حال، روی معدنی تأثیر بهتری بر توده تخم در مقایسه با منگنز معدنی در هفته های ۳۳ و ۳۶ داشت ($p < 0.05$). علاوه بر این، تأثیر مس آلی و معدنی و روی معدنی در درصد تولید تخم در این هفته ها به طور قابل توجهی بیش تر از تأثیر منگنز معدنی بود. به همین ترتیب، در زمینه وزن تخم مرغ نیز تأثیر مثبت و قابل توجهی از ترکیب مس آلی و روی معدنی مشاهده شد که عملکرد بهتری نسبت به مس معدنی و منگنز آلی و معدنی داشتند ($p < 0.05$). این نتایج نشان دهنده اهمیت و محبوبیت استفاده از این عناصر، به ویژه به صورت آلی، در بهبود عملکرد تولید تخم مرغ است.

اثر عناصر روی، مس و منگنز، به همراه اشکال آلی و معدنی آن ها، و همچنین اثرات متقابل این عناصر بر درصد تخم قابل جوجه کشی، نرخ باروری، قابلیت جوجه درآوری و وزن جوجه های تولیدی (تازه هچ شده) در هفته های ۳۳ و ۳۶ معنی دار بود (جدول های ۴ و ۵). نتایج نشان داد اثر روی آلی بر درصد تخم قابل جوجه کشی در هفته های ۳۳ (۹۵/۲۸ درصد) و ۳۶ (۹۵/۵۰ درصد) به طور قابل توجهی بیش تر از سایر عناصر با اشکال آلی و معدنی بود و مکمل منگنز معدنی کم ترین درصد تخم قابل جوجه کشی را در بین تیمارها داشت ($p < 0.05$). درصد جوجه درآوری هنگام استفاده از روی آلی و معدنی در جیره، در هفته های ۳۳ و ۳۶ بیش تر از سایر عناصر بود ($p < 0.05$). علاوه بر این، اثر این عناصر بر درصد نرخ باروری نیز معنی دار بود، به طوری که اثر روی آلی و معدنی در جیره، در هفته های ۳۳ و ۳۶ بیش تر از سایر عناصر بود.

($p < 0.05$). اثر عناصر مورد بررسی بر وزن جوجه‌های تولیدی (تازه هچ شده) در هفته‌های ۳۳ و ۳۶ نشان‌دهنده برتری اثر روی آلی در مقایسه با سایر عناصر آلی و معدنی بود ($p < 0.05$).

جدول ۲. بررسی اشکال آلی و معدنی عناصر مس، روی و منگنز بر صفات تولیدی مرغ‌های مادر گوشتی راس ۳۰۸ در ۳۳ هفتهگی

منابع تغییرات	تولید تخم (درصد)	وزن تخم (گرم)	توده تخم (گرم در روز)
نوع ماده معدنی			
روی	۹۱/۲۴ ^a	۵۴/۳۵ ^a	۴۹/۵۹ ^a
مس	۹۰/۸۵ ^a	۵۱/۹۵ ^b	۴۷/۲۰ ^b
منگنز	۸۸/۸۹ ^b	۵۱/۰۱ ^b	۴۵/۳۱ ^b
SEM	۰/۶۰	۰/۳۴	۰/۵۲
P-values	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۳
شکل ماده معدنی			
معدنی	۸۸/۶۹ ^b	۵۱/۲۴ ^b	۴۵/۴۶ ^b
آلی	۹۱/۲۰ ^a	۵۴/۹۳ ^a	۵۰/۰۹ ^a
SEM	۰/۷۱	۰/۴۸	۰/۵۵
P-values	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۳
اثر متقابل ماده معدنی × شکل ماده معدنی			
روی	۹۰/۰۱ ^b	۵۳/۰۳ ^b	۴۷/۷۰ ^b
روی	۹۱/۴۳ ^a	۵۴/۹۴ ^a	۵۰/۲۵ ^a
مس	۹۰/۱۵ ^b	۵۱/۶۰ ^c	۴۶/۵۵ ^{bc}
مس	۹۰/۴۶ ^b	۵۲/۱۳ ^b	۴۷/۱۷ ^{bc}
منگنز	۸۸/۴۰ ^c	۵۱/۲۲ ^c	۴۵/۲۹ ^c
منگنز	۸۸/۹۵ ^{bc}	۵۲/۳۴ ^{bc}	۴۶/۵۵ ^{bc}
SEM	۰/۴۴	۰/۲۵	۰/۴۴
P-values	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۳

a-c: تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است ($p < 0.05$). SEM: خطای استاندارد میانگین. P-values: ارزش احتمال

جدول ۳. بررسی اشکال آلی و معدنی عناصر مس، روی و منگنز بر صفات تولیدی مرغ‌های مادر گوشتی راس ۳۰۸ در ۳۶ هفتهگی

منابع تغییرات	تولید تخم (درصد)	وزن تخم (گرم)	توده تخم (گرم در روز)
نوع ماده معدنی			
روی	۹۱/۸۴ ^a	۵۸/۶۹ ^a	۵۳/۹۱ ^a
مس	۹۰/۹۴ ^a	۵۵/۴۶ ^D	۵۰/۴۴ ^D
منگنز	۸۹/۱۰ ^b	۵۵/۱۷ ^D	۴۹/۱۵ ^b
SEM	۰/۵۷	۰/۴۵	۰/۴۹
P-values	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۲
شکل ماده معدنی			
معدنی	۸۸/۹۱ ^b	۵۵/۵۸ ^D	۴۹/۴۶ ^b
آلی	۹۱/۸۳ ^a	۵۸/۷۴ ^a	۵۳/۹۵ ^a
SEM	۰/۶۷	۰/۶۳	۰/۵۵
P-values	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۲
اثر متقابل ماده معدنی × شکل ماده معدنی			
روی	۹۰/۰۹ ^D	۵۷/۰۱ ^D	۵۱/۳۵ ^D
روی	۹۱/۹۰ ^a	۵۸/۸۹ ^a	۵۴/۱۳ ^a
مس	۹۰/۲۴ ^D	۵۵/۸۰ ^C	۵۰/۳۷ ^{DC}
مس	۹۰/۵۹ ^D	۵۶/۰۴ ^D	۵۰/۷۷ ^{DC}
منگنز	۸۸/۵۱ ^C	۵۵/۴۵ ^C	۴۹/۰۹ ^C
منگنز	۸۹/۰۳ ^{DC}	۵۶/۳۹ ^C	۵۰/۲۰ ^{DC}
SEM	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۴۰
P-values	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۲

a-c: تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است ($p < 0.05$). SEM: خطای استاندارد میانگین. P-values: ارزش احتمال

جدول ۴. بررسی اشکال آلی و معدنی عناصر مس، روی و منگنز بر صفات تولیدمثلی در مرغ‌های مادر گوشتی راس ۳۰۸ در ۳۳ هفتگی

منابع تغییرات	تخم قابل جوجه‌کشی (درصد)	قابلیت جوجه‌درآوری (درصد)	نرخ باروری (درصد)	وزن جوجه تولیدی (گرم)
نوع ماده معدنی				
روی	۹۵/۱۹ ^a	۹۱/۵۳ ^a	۹۲/۴۹ ^a	۴۴/۱۲ ^a
مس	۹۲/۲۷ ^b	۸۸/۴۷ ^b	۹۰/۰۸ ^b	۴۲/۰۵ ^b
منگنز	۹۱/۹۵ ^b	۸۸/۳۰ ^b	۸۹/۹۱ ^b	۴۱/۸۶ ^b
SEM	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۲۴	۰/۱۹
P-values	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲
شکل ماده معدنی				
معدنی	۹۰/۳۸ ^b	۸۸/۴۳ ^b	۸۹/۹۶ ^b	۴۲/۱۵ ^b
آلی	۹۴/۶۵ ^a	۹۱/۱۵ ^a	۹۲/۳۰ ^a	۴۴/۰۶ ^a
SEM	۰/۳۵	۰/۲۴	۰/۲۷	۰/۲۵
P-values	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳
اثر متقابل ماده معدنی × شکل ماده معدنی				
روی معدنی	۹۲/۷۹ ^b	۹۰/۸۷ ^a	۹۱/۹۶ ^a	۴۲/۷۹ ^b
روی آلی	۹۵/۲۸ ^a	۹۱/۴۸ ^a	۹۲/۴۰ ^a	۴۴/۲۸ ^a
مس معدنی	۹۲/۳۹ ^b	۸۸/۵۳ ^b	۸۹/۶۳ ^b	۴۲/۱۳ ^b
مس آلی	۹۳/۰۳ ^b	۸۸/۹۵ ^b	۹۰/۰۲ ^b	۴۲/۸۷ ^b
منگنز معدنی	۹۰/۴۵ ^c	۸۸/۴۸ ^b	۸۹/۵۴ ^b	۴۱/۶۰ ^b
منگنز آلی	۹۲/۸۹ ^b	۸۸/۷۹ ^b	۸۹/۹۳ ^b	۴۱/۹۵ ^b
SEM	۰/۱۹	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۱۴
P-values	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳

a-c: تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P < 0.05$). SEM: خطای استاندارد میانگین. P-values: ارزش احتمال

جدول ۵. بررسی اشکال آلی و معدنی عناصر مس، روی و منگنز بر صفات تولیدمثلی در مرغ‌های مادر گوشتی راس ۳۰۸ در ۳۶ هفتگی

منابع تغییرات	تخم قابل جوجه‌کشی (درصد)	قابلیت جوجه‌درآوری (درصد)	نرخ باروری (درصد)	وزن جوجه تولیدی (گرم)
نوع ماده معدنی				
روی	۹۵/۴۰ ^a	۹۱/۷۵ ^a	۹۲/۷۱ ^a	۴۴/۶۹ ^a
مس	۹۲/۳۹ ^b	۸۸/۶۰ ^b	۹۰/۲۳ ^b	۴۲/۲۶ ^b
منگنز	۹۲/۱۳ ^b	۸۸/۴۴ ^b	۹۰/۰۶ ^b	۴۲/۱۰ ^b
SEM	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۲۰
P-values	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲
شکل ماده معدنی				
معدنی	۹۰/۵۵ ^b	۸۸/۶۳ ^b	۹۰/۱۳ ^b	۴۲/۳۰ ^b
آلی	۹۴/۷۷ ^a	۹۱/۳۰ ^a	۹۳/۴۸ ^a	۴۴/۳۵ ^a
SEM	۰/۲۸	۰/۲۱	۰/۲۸	۰/۲۳
P-values	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳
اثر متقابل ماده معدنی × شکل ماده معدنی				
روی معدنی	۹۲/۹۰ ^b	۹۰/۹۸ ^a	۹۲/۱۴ ^a	۴۲/۹۰ ^b
روی آلی	۹۵/۵۰ ^a	۹۱/۶۳ ^a	۹۲/۵۹ ^a	۴۴/۴۹ ^a
مس معدنی	۹۲/۵۳ ^b	۸۸/۷۰ ^b	۸۹/۸۰ ^b	۴۲/۳۵ ^b
مس آلی	۹۳/۱۹ ^b	۸۹/۰۳ ^b	۹۰/۱۶ ^b	۴۳/۱۱ ^b
منگنز معدنی	۹۰/۴۴ ^c	۸۸/۶۰ ^b	۸۹/۷۵ ^b	۴۱/۸۷ ^b
منگنز آلی	۹۲/۹۹ ^b	۸۸/۹۳ ^b	۹۰/۱۳ ^b	۴۲/۱۴ ^b
SEM	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۲۳	۰/۱۵
P-values	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳

a-c: تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P < 0.05$). SEM: خطای استاندارد میانگین. P-values: ارزش احتمال

۴. بحث

در پژوهش حاضر، اثر عناصر روی و مس بر تولید تخم بیش‌تر از منگنز بود. گزارش شده است که روی با تأثیر بر سیستم غدد درون‌ریز، بر تولید تخم تأثیر می‌گذارد (Dikmen et al., 2016). همسو با نتایج حاضر، در آزمایشی مکمل‌سازی جیره با روی، اثر مثبتی بر تولید تخم در مرغ‌های تخم‌گذار داشت (Khajaren et al., 2006). نتیجه یک مطالعه نشان داد که مصرف مکمل معدنی به شکل آلی نسبت به شکل معدنی، موجب بهبود عملکرد تولیدی و تولیدمثلی در مرغ‌های مادر گوشتی شده است (Youssefi et al., 2014). این بهبود در تولید تخم‌مرغ ممکن است به علت زیست‌فراهمی بالاتر روی به شکل آلی باشد.

همسو با بررسی انجام‌شده، گروهی از پژوهش‌گران در مطالعه دیگر بر روی مرغ‌های مادر تخم‌گذار قهوه‌ای از سن یک تا ۶۲ هفته‌گی نشان دادند اگرچه جیره‌هایی با سطوح ۶۰ (شاهد)، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک جیره، اثر معنی‌داری بر تولید تخم‌مرغ نداشت، اما پرنده‌هایی که جیره‌های حاوی ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک جیره را دریافت کردند به‌ترتیب ۱/۲۱، ۱/۶۴ و ۱/۷۶ درصد تخم‌مرغ بیش‌تری نسبت به گروه شاهد تولید کردند (Durmus et al., 2004). هم‌چنین استفاده از سطوح ۵۰ تا ۷۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم جیره باعث افزایش تولید تخم‌مرغ شد (Prasad & Kucuk, 2002).

در این پژوهش، اثر عنصر روی بر وزن تخم بیش‌تر از مس و منگنز بود. همانند نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حال حاضر، در مطالعه‌ای نشان داده شد که استفاده از سطوح مختلف روی در جیره مرغ‌های مادر گوشتی، موجب افزایش معنی‌داری در وزن تخم‌مرغ‌ها می‌شود (Mahmood & Hazim, 2011). در تضاد با یافته‌های ما، گزارش شده است که اضافه‌کردن ۱۰، ۶۰ و ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی، منگنز و مس به جیره پایه، اثر معنی‌داری بر وزن تخم‌مرغ در مرغ‌های تخم‌گذار ندارد (Mabe et al., 2003)، اما در آزمایش دیگری افزایش وزن تخم در پرنده‌های با کمبود مس را گزارش کردند و نشان دادند این افزایش مربوط به افزایش وزن سفیده رقیق خارجی بوده درحالی‌که وزن خشک آلبومین تغییری نکرد، هم‌چنین گزارش شد خوراک‌هایی که با مکمل‌های ویتامینه و معدنی مکمل نشده بودند و حاوی ۲۴ ppm روی، ۱۵ ppm منگنز و ۶ ppm مس بودند، در مرغ‌های مسن (۷۴-۶۲ هفته) باعث کاهش وزن تخم شدند، درحالی‌که در مرغ‌های جوان (۳۰-۴۰ هفته) این کاهش وزن مشاهده نشد (Inal et al., 2001).

در این مطالعه، اثر عنصر روی بر توده تخم بیش‌تر از مس و منگنز بود. توده تخم، متأثر از دو عامل وزن تخم و درصد تولید می‌باشد و با توجه به تحت تأثیر قرارگرفتن این دو صفت، توده تخم نیز افزایش یافته است. همسو با نتایج حاضر، در مطالعه‌ای نشان داده شد با توجه به نقش روی و منگنز در رسوب آلبومین در مگنوم و تولید سفیده تخم و این‌که وزن تخم از محتویات درون آن ناشی می‌شود، روی و منگنز با افزایش سفیده می‌توانند سبب افزایش وزن تخم شوند (Klecker et al., 2002).

در این آزمایش، اثر عنصر روی بر تخم قابل جوجه‌کشی بیش‌تر از مس و منگنز بود. مطابق با نتایج به‌دست‌آمده، در پژوهشی نشان داده شد که کیفیت پوسته تخم‌مرغ نیز به‌عنوان عاملی در نظر گرفته شده است که بر قابلیت جوجه‌کشی تأثیر می‌گذارد که استفاده از منابع آلی، کیفیت پوسته تخم را بهبود بخشیده و مرگ‌ومیر زود هنگام جنین را کاهش می‌دهد (Favero et al., 2013). مکمل‌های عناصر کمیاب اغلب به مرغ‌های تخم‌گذار داده می‌شوند تا شکستگی پوسته تخم را کاهش دهند (Nys et al., 2004)، بهبود کیفیت پوسته تخم در مطالعات دیگر با استفاده از مواد معدنی کمپلکس‌شده با اسید آمینه در مرغ‌های مادر گوشتی (Araujo et al., 2019) و مرغ‌های تخم‌گذار (Qiu et al., 2020) در مقایسه با منابع معدنی گزارش شده است. گروهی دریافتند که مکمل منگنز، به‌ویژه در شکل معدنی، کیفیت پوسته تخم‌مرغ را بهبود می‌بخشد (Xie et al., 2014).

با بررسی داده‌های به‌دست‌آمده، اثر عنصر روی بر نرخ باروری بیش‌تر از مس و منگنز بود. درحالی‌که مطالعات خاص در مورد نرخ باروری در مرغ‌های مادر گوشتی محدود است، اما نقش اساسی روی، مس و منگنز در سلامت باروری در سایر دام‌ها به‌خوبی تأیید شده است. عنصر کمیاب معدنی برای عملکرد تولید مثل ضروری است و کمبود می‌تواند منجر به کاهش نرخ باروری و ناباروری شود. همچنین گروهی از پژوهش‌گران هم‌راستا با نتایج به‌دست‌آمده نشان دادند کمبود این مواد معدنی می‌تواند منجر به کاهش باروری، فحلی غیرطبیعی و سایر مشکلات تولید مثلی شود. بنابراین، مکمل کافی از این مواد معدنی برای حفظ باروری در مرغ‌های مادر گوشتی به احتمال زیاد مفید است (Swenson *et al.*, 2000). اثر عنصر روی بر قابلیت جوجه‌درآوری بیش‌تر از مس و منگنز بود. از جمله عوامل مهمی که جوجه‌درآوری را می‌تواند به‌طور مستقیم تحت تأثیر قرار دهد کیفیت پوسته تخم‌مرغ، باروری، شرایط نگهداری و تغذیه می‌باشد و با توجه به بهبود کیفیت پوسته و زنده‌مانی جنین در اثر تغذیه مکمل روی در این آزمایش، درصد جوجه‌درآوری نیز بهبود یافته است. هم‌راستا با نتایج به‌دست‌آمده، در مطالعه‌ای که بر روی مرغ‌های مادر تخم‌گذار قهوه‌ای از سن یک تا ۶۲ هفتگی نشان داده شد که جیره‌هایی با سطوح ۶۰ (شاهد)، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک، اثر معنی‌داری بر قابلیت جوجه‌درآوری داشته است (Durmus *et al.*, 2004). در مطالعه‌ای دیگر که بر روی مرغ‌های مادر گوشتی کاب ۵۰۰ در سن ۴۵ هفتگی با استفاده از سطوح مختلف روی (صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره) انجام دادند، اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های آزمایشی در جوجه‌درآوری کل (کل جوجه‌ها به کل تخم‌مرغ‌های خوابانیده‌شده در انکوباسیون) و جوجه‌درآوری تخم‌مرغ‌های بارور (شمارش کل جوجه‌ها به تخم‌مرغ‌های بارور) مشاهده کردند. آن‌ها بیان نمودند تیمار حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم جیره بیش‌ترین جوجه‌درآوری کل (۷۵/۶۷ درصد) و جوجه‌درآوری تخم‌مرغ‌های بارور (۹۳/۲۸ درصد) را نشان داد (Mahmood & Hazim, 2011).

مکمل کردن جیره پایه (۷۲ میلی‌گرم روی در کیلوگرم جیره) با ۱۵۲ میلی‌گرم روی در کیلوگرم به شکل مکمل اکسید-روی یا روی-متیونین در سن ۴۱ هفتگی مرغ‌های مادر گوشتی به‌مدت ۲۲ هفته اختلاف معنی‌داری را در جوجه‌درآوری نشان نداد که یکی از دلایل مطرح‌شده را تعداد کم رکوردگیری (چهار رکورد) بیان کردند (Gou *et al.*, 2021) که با یافته‌های این پژوهش در تضاد بود.

اثر عنصر روی بر وزن جوجه تولیدی (تازه‌هچ‌شده) بیش‌تر از مس و منگنز بود. وزن جوجه‌های تولیدی وابسته به وزن تخم می‌باشد و تولید تخم‌های بزرگ‌تر منجر به تولید جوجه‌های بزرگ‌تر و با کیفیت‌تر می‌گردد و با توجه به اثر روی آلی بر افزایش وزن تخم در این آزمایش، در نتیجه جوجه‌هایی با وزن بالاتر تولید گردید. مخالف با نتایج مطالعه حال حاضر، نشان داده شد که مکمل کردن جیره پایه (۷۲ میلی‌گرم روی در کیلوگرم جیره) با ۱۵۲ میلی‌گرم روی در کیلوگرم جیره به شکل اکسید روی یا روی-متیونین در سن ۴۱ هفتگی مرغ‌های مادر گوشتی به‌مدت ۲۲ هفته اختلاف معنی‌داری در وزن تخم‌مرغ و وزن جوجه تازه‌هچ‌شده نداشت (Emamverdi *et al.*, 2019).

۵. نتیجه‌گیری

توجه به قابلیت زیست‌فراهمی مس، روی و منگنز در جیره غذایی برای به حداکثر رساندن عملکرد تولیدی و تولید مثلی مرغ‌های مادر اهمیت دارد. مس، روی و منگنز با ترکیب آلی نسبت به همتایان غیر آلی خود دسترسی زیستی بیش‌تری دارند و طیور می‌توانند آن‌ها را به‌طور مؤثری جذب و استفاده کنند. براساس نتایج پژوهش حاضر، روی آلی موجب افزایش درصد تولید، وزن و توده تخم‌مرغ گردید. همچنین موجب افزایش درصد تخم قابل جوجه‌کشی، درصد نرخ باروری و وزن جوجه‌های تولیدی شد. بنابراین استفاده از اشکال آلی مس، منگنز و به‌ویژه روی در جیره مرغ‌های مادر گوشتی توصیه می‌شود.

۶. ملاحظات اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌هاست.

۷. مشارکت نویسندگان

سیده عطیه مجاوریان: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات، نتایج و تهیه پیش‌نویس مقاله؛

شهاب‌الدین قره‌ویسی: طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله؛

محسن حاجی‌پور: مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافی توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. حامی مالی

بودجه این مطالعه توسط گروه نویسندگان تأمین شده است و هیچ بودجه خارجی دریافت نشده است.

۱۰. تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا مراتب تشکر صمیمانه خود را از کلیه حمایت‌های دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر به عمل آورند.

۱۱. منابع

یوسفی، مرتضی؛ قابل، محمدرضا و قاضی‌خانی‌شاد، علی. (۱۳۹۳). تأثیر مکمل سلنیوم آلی و غیرآلی بر عملکرد، تولید مثل، برخی فراسنجه‌های خونی و سیستم ایمنی مرغ‌های مادر گوشتی. *علوم دامی (پژوهش و سازندگی)*، (۱۰۲)، ۱۲-۱۹.

رضاپور، ابوالقاسم؛ قره‌ویسی، شهاب‌الدین؛ جعفری خورشیدی، کاوه و عبدالله پور، روح‌الله. (۱۴۰۳). اثر استفاده از کیلات‌های آلی روی، منگنز و کروم بر عملکرد و میکروفلور سکوم جوجه‌های گوشتی. *فصلنامه زیست‌شناسی جانوری*، ۴(۱۶)، ۲۰۱-۲۱۳.

References

- Alirezai Shahraki, P., Kheiri, F., Amanlou, H., Faghani, M., & Jalali, S. M. A. (2024). Determining the optimal level and the effect of different zinc sources on performance, egg quality and the immune system of laying hens at the end of the production period. *Veterinary Medicine and Science*, 10(5), e70035. <https://doi.org/10.1002/vms3.70035>
- Ao, T. Pierce, J. L. Power, R., Pescatore, A. J., Cantor, A. H., Dawson, K. A., & Ford, M. J. (2009). Effects of feeding different forms of zinc and copper on the performance and tissue mineral content of chicks. *Poultry Science*. 88: 2171-2175. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00117>
- Araújo, C.S.D.S., Hermes, R.G., Bittencourt, L.C., Silva, C.C., Araújo, L.F., Granghelli, C.A., Pelissari, P.H., Roque, F.D.A., & Leite, B.G.D.S. (2019). Different dietary trace mineral sources for broiler breeders and their progenies. *Poultry science*, 98(10): 4716-4721. <https://doi.org/10.3382/ps/pez182>

- Dikmen, B.Y., Ipek, A.Y.D.I.N., Şahan, Ü., Petek, M.E.T.I.N., & Sözcü, A. (2016). Egg production and welfare of laying hens kept in different housing systems (conventional, enriched cage, and free range). *Poultry science*, 95(7), 1564-1572. <https://doi.org/10.3382/ps/pew082>
- Dong, L., Wang, W., Zhang, W., He, J., & Zhu, F. (2021). Three HLA-A alleles, A*11:01:89, A*11:01:96 and A*11:01:01:14 were identified in Chinese individuals. *HLA*, 97(5), 442-444. <https://doi.org/10.1111/tan.14204>
- Durmus, I., Atasoglu, C., Mizrak, C., Ertas, S., & Kaya, M. (2004). Effect of Increasing Zinc Concentration in the Diets of Brown Parent Stock Layers on Various Production and Hatchability Traits (Short communication). *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 47(5), 483-489. <https://doi.org/10.5194/aab-47-483-2004>
- Emamverdi, M., Zare-Shahneh, A., Zhandi, M., Zaghari, M., Minai-Tehrani, D., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.12.001>
- Faghih-Mohammadi, F., Seidavi, A., & Bouyeh, M. (2022). The effects of chelated micro-elements feeding in broiler breeder hens and their progeny: A review. *Tropical animal health and production*, 54(5), 323. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03317-1>
- Favero, A., Vieira, S.L., Angel, C.R., Bos-Mikich, A., Lothhammer, N., Taschetto, D., Cruz, R.F.A., & 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. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02670>
- Ghasemi, H. A., Hajkhodadadi, I., Hafizi, M., Taherpour, K., & Nazaran, M. H. (2020). Effect of advanced chelate technology based trace minerals on growth performance, mineral digestibility, tibia characteristics, and antioxidant status in broiler chickens. *Nutrition & metabolism*, 17, 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12986-020-00520-5>
- Gou, Z., Fan, Q., Li, L., Wang, Y., Lin, X., Cui, X., Ye, J., Ding, F., Cheng, Z., Abouelezz, K., & Jiang, S. (2021). High dietary copper induces oxidative stress and leads to decreased egg quality and reproductive performance of Chinese Yellow broiler breeder hens. *Poultry science*, 100(3), 100779. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.033>
- Inal, F., Coskun, B., Gulsen, N., & Kurtoglu, V. (2001). The effects of withdrawal of vitamin and trace mineral supplements from layer diets on egg yield and trace mineral composition. *British Poultry Science*, 42, 77-80. <https://doi.org/10.1080/713655024>
- Kimura M. (2016). Function and disease in manganese. *Nihon rinsho. Japanese journal of clinical medicine*, 74(7), 1186-1191. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27455810/>
- Khajaren, J., Khajaren, S., Rapp, C.J., Ward, T.A., Johnson, J.A., & Falker, T.M. (2006). Effects of zinc and manganese amino acid complexes (Availa-Z/M) on layer production and egg quality. *Poultry Science*, 55, 322-329. <http://US.zinpro.Com/Research/ZPA/ZPA0048.htm>
- Kleckner, D., Zeman, L., Jelinek, P., & Bunešová, A. (2002). Effect of manganese and zinc chelates on the quality of eggs. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 50, 59-68. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20023084764>
- Londero, A., Rosa, A. P., Luiggi, F. G., Fernandes, M. O., Guterres, A., de Moura, S., ... & 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, 106309. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106309>
- Mabe, I., Rapp, C., Bain, M. M., & Nys, Y. (2003). Supplementation of a Corn-Soybean Meal Diet with Manganese, Copper, and Zinc from Organic or Inorganic Sources Improves Eggshell Quality in Aged Laying Hens. *Poultry Science*, 82, 1903-1913. <https://doi.org/10.1093/ps/82.12.1903>
- Mahmood, H. M., & Hazim, J. (2011). Zinc Improves Egg Quality in Cobb 500 Broiler Breeder Females. *International Journal of Poultry Science*, 10 (6), 471-476. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20113238706>
- NRC. (1994). Nutrient requirements of poultry, 9th rev. ed. *Washington, DC: Natl. Acad. Press.*
- Nys, Y., Gautron, J., Garcia-Ruiz, J.M., & Hincke, M.T. (2004). Avian eggshell mineralization: biochemical and functional characterization of matrix proteins. *Comptes Rendus Palevol*, 3(6-7), 549-562. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2004.08.002>

- Prasad, A.S., & Kucuk, O. (2002). Zinc in cancer prevention. *Cancer and Metastasis Reviews*, 21, 291-295. <https://doi.org/10.1023/A:1021215111729>
- Qiu, J.L., Zhou, Q., Zhu, J.M., Lu, X.T., Liu, B., Yu, D.Y., Lin, G., Ao, T., & Xu, J.M. (2020). Organic trace minerals improve eggshell quality by improving the eggshell ultrastructure of laying hens during the late laying period. *Poultry Science*, 99(3), 1483-1490. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.006>
- Rezapour, A., Gharahveysi, S., Jafari Khorshidi, K., & Abdolapour, R. (2024a). Effects of organic mineral chelates zinc, manganese, and chromium on growth performance, physiological, hematological, intestinal microflora, immunological, and bone traits in broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 26(4), 1-11. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2024-1992>
- Rezapour, A., Gharahveysi, S., Jafari Khorshidi, K. and Abdolapour, R. (2024b). The Effect of Using Organic Zinc, Manganese, and Chromium Chelates on the Performance and Microflora of Broiler Chicken Caecum. *Animal sciences journal*, 16(4), 201-213. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2024-1992>. (in Persian)
- Swenson, C. K., Socha, M. T., Johnson, A. B., & Schugel, L. M. (2000). Effect of Complex Trace Minerals on Reproductive Performance of Beef and Dairy Cattle. In *American Association of Bovine Practitioners Conference Proceedings*. pp. 186-186. <https://doi.org/10.60833/ASCIJ.2024.1104868>
- Świątkiewicz, S., Arczewska-Wlosek, A., & Jozefiak, D. (2014). The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies. *World's Poultry Science Journal*, 70(3), 475-486. <https://doi.org/10.1017/S0043933914000531>
- Wang, G., Liu, L.J., Tao, W.J., Xiao, Z.P., Pei, X., Liu, B.J., Wang, M.Q., Lin, G., & Ao, T.Y. (2019). Effects of replacing inorganic trace minerals with organic trace minerals on the production performance, blood profiles, and antioxidant status of broiler breeders. *Poultry Science*, 98, 2888-2895. <https://doi.org/10.3382/ps/pez035>
- Xie, J., Tian, C., Zhu, Y., Zhang, L., Lu, L., & 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), 959-69. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03598>
- Yousefi, M., Ghabel, M.R., & Ghazikhani Shad, A. (2014). Effects of organic and inorganic selenium supplement on the performance, reproductive, some blood parameters and immune system of broiler breeders. *Animal sciences journal*, 27(1,102), 12-19. SID. <https://sid.ir/paper/637933/en> (in Persian)
- Zhang, L., Wang, Y. X., Xiao, X., Wang, J. S., Wang, Q., Li, K. X., Guo, T. Y., & Zhan, X. A. (2017). Effects of Zinc Glycinate on Productive and Reproductive Performance, Zinc Concentration and Antioxidant Status in Broiler Breeders. *Biological trace element research*, 178(2), 320-326. <https://doi.org/10.1007/s12011-016-0928-4>