نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۲۵، زمستان ۱۳۹۸
ص‌ص: ۱۵-۲۸

تأثیر منابع روی به شکل سولفات، هیدروکسی کلرید و کمپلکس آلی روی–متیونین بر عملکرد و خصوصیات کیفی تخم مرغ در مرغان تخم‌گذار مسن

- **علی افشار بکشلو**
دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- **فاطمه شیرمحمد (نویسنده مسئول)**
استادیار، گروه علوم دامی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
- **مرتضی مهری**
استادیار، گروه علوم دامی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت : خرداد ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش : آذر ۱۳۹۷

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۹۳۹۳۳۶۱۰
Email: shirmohammad.f@gmail.com

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/asj.2018.122321.1725

چکیده

این آزمایش جهت بررسی اثرات اشکال مختلف مکمل روی شامل سولفات، هیدروکسی کلرید و کمپلکس آلی روی-متیونین بر عملکرد تولیدی و خصوصیات کیفی تخم‌مرغ، به مدت ۸ هفته (٦٥ تا ٧٣ هفتگی) انجام شد. به این منظور ۲۸۸ قطعه مرغ تخم-گذار های‌لاین (W-٣٦) درقالب طرح کاملا تصادفی، با ٦ تیمار و ٤ تکرار (۱۲ پرنده در هر تکرار) به کار گرفته شد. تیمارهای آزمایشی شامل، ۱- شاهد (بدون مکمل روی)، ۲- جیره شاهد + ۷۰ میلی‌گرم سولفات روی، ۳- جیره شاهد + ۷۰ میلی‌گرم کمپلکس روی- متیونین در کیلوگرم جیره و تیمارهای ٤، ٥ و ٦ به ترتیب شامل جیره شاهد به‌علاوه سه سطح ٥٠، ۷۰ و ۹۰ میلی-گرم هیدروکسی کلرید روی بودند. همه تیمارهای آزمایشی سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک و افزایش مقاومت پوسته تخم-مرغ (در طول آزمایش)، وزن تخم‌مرغ (در هفته هشتم)، شاخص زرده و واحد هاو (هفته ششم و هشتم) نسبت به گروه شاهد شدند. منابع آلی و هیدروکسی روی سبب افزایش معنی‌دار درصد پوسته تخم‌مرغ، میزان روی در خون و استخوان درشت نی، آلبومین خون و عیار پادتن علیه بیماری نیوکاسل در مقایسه با شاهد شدند (P<٠/٠٥). سولفات روی تنها سبب افزایش سطح روی در خون شد. هیچ یک از منابع روی تغییری در سطح مصرف خوراک، میزان تولید، وزن مخصوص، ضخامت پوسته تخم‌مرغ و شاخص شکل تخم ایجاد نکردند. نتایج این آزمایش نشان داد که ٥٠ میلی‌گرم هیدروکسی کلرید روی می‌تواند جانشین ۷۰ میلی‌گرم سولفات روی یا کمپلکس روی-متیونین در جیره مرغان تخم‌گذار مسن شود.

واژه‌های کلیدی: **هیدروکسی کلرید روی، مرغ تخم‌گذار مسن، عملکرد، خصوصیات کیفی تخم**

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 125 pp: 15-28

Effect of zinc sources in the form of sulfate, hydroxychloride and zinc-methionine organic complex on the performance and qualitative characteristics of eggs in aged laying hens.

By: Ali Afshar Bakeshlou[1], Fatemeh Shirmohammad[2*], Morteza Mehri[2]
[1] M.Sc. Department of Animal Science, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Assistant professor, Department of Animal Science, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: June 2018 **Accepted: December 2018**

The current experiment was conducted to investigate the effects of dietary supplementation of different sources of zinc including inorganic, organic and hydroxy on performance and egg quality of aged laying hen. A total of 288 hy-line W-36 hens, from 65 to 73 weeks of age were used. The study carried out in a completely randomly design, with 6 treatments, 4 replicates, each contains 12 hens. The treatments consisted of: 1- zero level mg/kg of zinc supplementation (control) 2- control+ 70 mg/kg of zinc as zinc sulphate (inorganic source) 3- control+ 70 mg/kg of zinc as zinc-methionine complex (organic source), and treatments 4, 5 and 6 consisted of control diets supplemented with 50, 70 or 90 mg/kg of zinc as zinc chloride hydroxide, respectively. All experimental treatments decreased feed conversion ratio and increased eggshell strength (during experiment), egg weight (8th week), yolk index and haugh unit (6th and 8th weeks) compared to the control group. The organic and hydroxy sources of zinc increased significantly ($P<0.05$) percentage of eggshell, levels of blood and tibia zinc, blood albumin and antibody titer against Newcastle disease compared to control group. The zinc sulphate only increased blood zinc level. There were no differences in feed intake, production, specific gravity, eggshell thickness and shape index of egg due to supplementation with zinc. The results of this study suggest that 50 mg/kg zinc hydroxyl source can be a replacement for 70 mg/kg zinc sulphate or complex of zinc-methionine in aged laying hen diet.

Key words: Aged laying hen, Hydroxy sources, Zinc Sulfate.

مقدمه

کاهش کیفیت پوسته تخم‌مرغ در مرغان تخم‌گذار مسن، یکی از مهم‌ترین مشکلات صنعت طیور است. گرچه اغلب مطالعات تغذیه‌ای انجام شده روی کیفیت پوسته تخم‌مرغ، بر عناصر پرنیازی مانند کلسیم و فسفر و ویتامین D_3 متمرکز بوده است، ولی چندین آنزیم که در ارتباط با برخی عناصر کم نیاز هستند، در فرآیند آهکی شدن و تشکیل پوسته تخم‌مرغ دخالت دارند؛ از جمله عناصر روی و منگنز که به عنوان کوفاکتور متالوآنزیم‌ها، مسئول ساخت کربنات و موکوپلی‌ساکاریدها هستند و نقش مهمی در تشکیل پوسته تخم‌مرغ دارند (Swiatkiewicz and Koreles, 2008).

روی و منگنز استفاده از کلسیم را در مرغان تخم‌گذار افزایش داده و مولفه‌های کیفی پوسته تخم‌مرغ را بهبود می‌بخشد (Mabe *et al.*, 2003). به علاوه افزودن روی آلی، مقاومت پوسته تخم‌مرغ را در برابر شکستگی افزایش می‌دهد (Moreng et al., 1992). در آزمایشی نیز مشخص شد سطح ۳۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم جیره برای افزایش کیفیت پوسته تخم‌مرغ کافی است (Stah *et al.*, 1986). اگرچه Zamani و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که افزودن ۵۰ میلی‌گرم روی به هر کیلوگرم جیره پایه، اثر مثبتی بر ضخامت پوسته تخم‌مرغ داشت. با توجه به این واقعیت که میزان جذب هر ماده معدنی به منبع آن نیز بستگی دارد، بنابراین

نمی‌توان مقداری ثابت برای هر عنصر، بدون توجه به منبع آن، تعیین کرد (Ashmead *et al.*, 1985).

از سال ۱۹۵۰ تا کنون منابع مختلفی از عناصر ریز مغذی معرفی شده است. در منابع ابتدایی، عنصر فلزی با پیوند غیرکربنی به نمک اکسید و یا سولفات متصل بود، که خلوص پائین و وجود مواد ضد مغذی در این ترکیبات از جمله مشخصه آن‌ها است (Batal *et al.*, 2001). هنگامی‌که مواد معدنی کم نیاز به صورت غیرآلی مصرف می‌شوند، به دلیل pH پائین در بخش فوقانی دستگاه گوارش می‌شکنند و طی فرآیند هضم با سایر مواد معدنی و همچنین دیگر اجزای خوراک برهمکنش داشته که سبب عدم جذب آن‌ها در روده کوچک می‌شود (Yan and Waldrop, 2006). منابع سولفات عناصر ریزمغذی، به دلیل حلالیت زیاد، به یون‌های فلزی فعال اجازه می‌دهند که سبب افزایش رادیکال‌های آزاد شوند و در نتیجه منجر به کاهش ارزش غذائی خوراک به خاطر شکسته شدن ویتامین‌ها و چربی‌ها می‌شوند. همچنین این منابع به دلیل مکانیسم‌های جذب یکسان، به شدت تحت تأثیر اثرات آنتاگونیستی قرار گرفته و دفع می‌شوند. این اثرات به نحوی است که افزایش غلظت یک ماده معدنی نیاز به عنصر دیگر را افزایش می‌دهد. به علاوه کیلات شدن کاتیون‌های دو ظرفیتی توسط اسیدفایتیک یکی دیگر از محدودیت‌های این‌گونه منابع معدنی است (Viera, 2008)، ولی منابع آلی عناصر فلزی با پیوند کربنی توسط اسیدآمینه کیلات شده، مانند بیوکمپلکس‌ها، که نسبت به منابع معدنی درجه خلوص و جذب بالاتری دارند. یکی از دلایل قابلیت دسترسی منابع آلی عناصر معدنی را می‌توان ثبات آن‌ها در بخش فوقانی دستگاه گوارش دانست که سبب رسیدن آن‌ها به روده کوچک و جذب بهتر می‌شود (Ashmead, 1993). تاکنون تحقیقات زیادی در مورد منابع آلی و غیرآلی عناصر کم نیاز انجام گرفته است که نتایج به دست آمده موید مزایای به کارگیری منابع آلی نسبت به منابع غیرآلی بوده است، با اینحال هزینه منابع آلی بالاتر است. اخیرا منبع غیرآلی جدیدی از عناصرکم نیاز با عنوان املاح هیدروکسی (Hydroxy Minerals) به بازار معرفی شده که واجد ویژگی‌های خاصی است از جمله اینکه ساختار شیمیایی منحصر به فردی داشته و به واسطه وجود یک گروه OH ویژه، پیوند محکمی با عنصر فلزی مربوطه ایجاد نموده و سبب کاهش حلالیت و واکنش پذیری آن در خوراک و دستگاه گوارش می‌شود و یکنواختی بیشتری در فراهمی عنصر در سراسر دستگاه گوارش به وجود می‌آورد (Arias and Kouysos, 2006). با این حال، پژوهش‌های علمی چندانی در مورد این منبع جدید انجام نگرفته است و برای اثبات برتری آنها نسبت به منابع مرسوم عناصر کم‌نیاز، به آزمایش‌های متعددی نیاز است تا صحت ادعای تولیدکنندگان آن، روشن شود. لذا هدف از آزمایش حاضر مقایسه منابع آلی، غیرآلی و هیدروکسی روی بر کیفیت تخم‌مرغ در مرغان تخمگذار مسن بود.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش از ۲۸۸ قطعه مرغ تخم‌گذار های‌لاین (W-۳۶) از ۶۵ تا ۷۳ هفتگی به مدت ۸ هفته در قالب طرح کاملا تصادفی با ۶ تیمار، ۴ تکرار و ۱۲ پرنده در هر تکرار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی برای مقایسه منابع آلی و غیرآلی (سولفات، کیلات با متیونین و نمک هیدروکسی) روی شامل، ۱- شاهد (بدون مکمل روی)، ۲- جیره شاهد + ۷۰ میلی‌گرم سولفات روی، ۳- جیره شاهد + ۷۰ میلی‌گرم کمپلکس روی-متیونین در کیلوگرم جیره و تیمارهای ۴، ۵ و ۶ به ترتیب شامل جیره شاهد به‌علاوه سه سطح ۵۰، ۷۰ و ۹۰ میلی‌گرم هیدروکسی روی(Zn5 Cl2.H20 OH8) محصول شرکت Micronutrients بود. مرغ‌ها در محدوده وزنی یکسان به صورت کاملا تصادفی به ۹۶ قفس سیمی (۴ پرنده در هر قفس) منتقل شدند. هر واحد آزمایشی شامل دوازده مرغ تخم‌گذار قرار گرفته در سه قفس ۴ پرنده‌ای کنار هم بودند. به منظور سازگاری پرندگان به قفس‌ها و تخلیه ذخایر روی، یک دوره عادت پذیری ۱۴ روزه پیش از شروع دوره آزمایش اجرا شده و در طی آن جیره پایه فاقد روی (شاهد) تغذیه شد. ترکیب جیره پایه و تجزیه تقریبی آن (بر اساس راهنمای سویه‌ی مورد نظر) در جدول ۱ آمده است. روزانه یک بار جیره‌های مورد

نظر در اختیار مرغ‌ها قرار گرفت. حداکثر دمای سالن ۲۶ درجه سانتی‌گراد بود و از برنامه نوردهی ۱۶ ساعت روشنائی و ۸ ساعت خاموشی در شب استفاده شد. غلظت عنصر روی در منابع آلی و غیرآلی و هیدروکسی مورد استفاده در این آزمایش بوسیله روش طیف سنجی جذب اتمی (AOAC, 1995) تعیین شد. در طی آزمایش، مصرف خوراک روزانه، تولید تخم‌مرغ (گرم/مرغ/روز) و ضریب تبدیل خوراک محاسبه شد. در پایان هفته‌های دوم، چهارم، ششم و هشتم آزمایش از هر تکرار ۴ تخم‌مرغ به شکل تصادفی انتخاب و وزن شد و با استفاده از کولیس دیجیتال (دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر) طول و عرض تخم‌مرغ‌ها اندازه‌گیری و شاخص شکل [۱۰۰ × (طول/ عرض)] تعیین شد. وزن مخصوص تخم‌مرغ به روش تهیه محلول‌های نمک با وزن مخصوص ۱/۰۵۸ تا ۱/۱۰۲ با افزایش ۰/۰۰۴ واحد تعیین شد (Keshavarz, 2003)، سپس تخم‌مرغ‌ها شکسته و برخی فراسنجه‌های کیفی شامل شاخص زرده، واحد هاو، ضخامت و مقاومت پوسته مورد سنجش قرار گرفت. شاخص زرده از تقسیم ارتفاع زرده بر قطر زرده به دست آمده و واحد هاو پس از اندازه‌گیری ارتفاع سفیده، با استفاده از رابطه $Hu= 100 \times \log [H+ 7.57 -1.7 W^{0.37}]$ اندازه‌گیری شد (H=ارتفاع سفیده به میلی‌متر و W= وزن تخم‌مرغ به گرم). پس از خشک کردن و جداکردن غشاء داخلی پوسته، پوسته‌ها وزن شده و سپس ضخامت پوسته تخم با استفاده از دستگاه ضخامت‌سنج (OSK 13469) با دقت ۰/۰۱ (میانگین سه نقطه، دو انتها و مرکز برحسب میلی‌متر) اندازه‌گیری شد. مقاومت پوسته در مقابل شکستگی با استفاده از دستگاه استحکام‌سنج (Digital Egg Shell Force Gauge, model-II) به صورت کیلوگرم نیروی مورد نیاز برای شکستن پوسته در مقطع یک سانتی‌مترمربع تعیین شد (Mohiti-Asli *et al.*, 2007).

در روز ۵۷ام آزمایش، ۱۰ روز پس از مصرف واکسن آشامیدنی نیوکاسل، از هر تکرار ۲ قطعه مرغ به صورت تصادفی انتخاب و از سیاهرگ زیر بال خونگیری شد. نمونه‌های سرم خون جمع‌آوری و تا زمان آزمایش‌های مربوطه در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سطح روی خون (Abd El-Hack *et al.*, 2018) و آلبومین خون (با کیت پارس آزمون به روش AOAC, 1995) مورد سنجش قرار گرفت. همچنین اندازه‌گیری عیار پادتن علیه ویروس نیوکاسل، با مهار هماگلوتیناسیون HI برای هر نمونه به صورت لگاریتم پایه دوم آخرین رقت، انجام شد (Marquardt *et al.*, 1984).

برای اندازه‌گیری میزان روی استخوان، در پایان آزمایش از هر تکرار ۲ قطعه مرغ به طور تصادفی انتخاب و کشتار شد. استخوان درشت‌نی پای راست جدا و پس از جدا کردن رطوبت و چربی در کوره سوخت و میزان روی آن مورد سنجش قرار گرفت (Swiatkiewicz and Koreleski, 2008).

نتایج بدست آمده در قالب طرح کاملا تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بدین منظور از رویه GLM نرم افزار SAS (۲۰۱۴) و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح معنی‌دار ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به عملکرد مرغان تخم‌گذار در جدول ۲ نشان داده شده است. تولید تخم‌مرغ و میزان خوراک مصرفی در طی آزمایش تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های مختلف نداشت، ولی در طی آزمایش، ضریب تبدیل خوراک در مرغانی که از جیره فاقد روی (شاهد) مصرف کردند نسبت به سایر گروه‌های تیماری بالاتر بود ($P<0/05$). در هفته چهارم آزمایش بهترین ضریب تبدیل غذائی مربوط به گروه دریافت کننده ۹۰ میلی‌گرم هیدروکسی روی در جیره بود ($P<0/05$)، ولی تفاوت معنی‌داری بین این گروه و گروه‌های دریافت کننده‌ی ۷۰ میلی‌گرم هیدروکسی روی و روی- متیونین وجود نداشت ($P>0/05$) و پرندگانی که از سولفات روی استفاده کردند ضریب تبدیل مشابهی با پرندگان گروه شاهد داشتند. این نتایج در تقابل با یافته‌های Abd El-Hack و همکاران (۲۰۱۸) است که گزارش کردند، افزودن ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم کمپلکس روی- متیونین به هر کیلوگرم جیره پایه، تغییری در ضریب تبدیل خوراک مرغان تخم‌گذار ایجاد نکرد. در هفته ششم و هشتم آزمایش، وزن تخم‌مرغ تحت

تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت، به طوری‌که هر یک از منابع مختلف روی سبب افزایش وزن تخم‌مرغ نسبت به گروه شاهد شدند (P<۰/۰۵). در هفته ششم نیز افزودن سولفات روی به جیره تنها به طور عددی وزن تخم‌مرغ را نسبت به گروه شاهد بهبود بخشید (P>۰/۰۵). با این حال، Abd El-Hack و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند افزودن ۱۰۰ میلی‌گرم منبع آلی روی- متیونین به هر کیلوگرم جیره، در مقایسه با مقادیر ۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌گرم، وزن تخم‌مرغ را افزایش می‌دهد.

نتایج (جدول ۲) نشان می‌دهد افزودن منابع متفاوت روی به جیره، افزایشی در تولید تخم‌مرغ (گرم/مرغ/روز) حاصل نکرد. همراستا با این نتایج، Swiatkiewicz و Korelesk (۲۰۰۸) نیز هیچ تفاوت معنی‌داری در عملکرد تولید تخم‌مرغ بین منابع آلی و غیرآلی مشاهده نکردند. همچنین Bai و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند جایگزینی ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد کیلات‌های املاح مس-روی-منگنز به صورت ۲-هیدروکسی-۴متیل‌تیوبوتانوئیک اسید به جای سولفات‌های این املاح، هیچ اثری بر عملکرد مرغان تخم‌گذار نداشت. در آزمایش حاضر مکمل کردن ۵۰ میلی‌گرم هیدروکسی روی به جیره قادر به ایجاد عملکردی مشابه با ۷۰ میلی‌گرم روی به صورت کیلات با متیونین و نمک سولفاته بود. حقیقت این است که میزان جذب هر ماده معدنی با توجه به منبع آن متفاوت است (Ashmead, 1985). Sahin و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند جذب روی از پنیکولینات روی بهتر از سیترات، گلوکونات و استات روی است و سولفات روی از همه کمتر است. استفاده از منابع با قابلیت جذب بیشتر می‌تواند به کاهش غلظت ماده معدنی در جیره کمک کند و تعادل بهتری در مواد معدنی بوجود آورد. Wedekind و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند منبع روی انتخاب شده اثر مهمی بر نیاز روی داشته و نیاز روی در خوراک حاوی کمپلکس روی- متیونین، نسبت به اکسید روی خیلی کمتر بود. Puchala و همکاران (۱۹۹۹) نیزگزارش کردند که با استفاده از منابع آلی روی، نیاز به این عنصر کاهش یافت.

اثر منابع مختلف روی بر شاخص زرده، وزن مخصوص و واحد هاو تخم‌مرغ در جدول ۳ مشاهده می‌شود. منابع مختلف روی به طور مشابهی سبب بهبود شاخص زرده در طول آزمایش و واحد هاو در هفته ششم و هشتم آزمایش نسبت به گروه شاهد شدند (P<۰/۰۵) ولی وزن مخصوص تخم‌مرغ در همه گروه‌ها در طی آزمایش تفاوت معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵). همان طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، افزودن روی به جیره سبب افزایش عددی شاخص شکل تخم‌مرغ شد، ولی این تفاوت معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). در این رابطه Leeson و Caston (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که استفاده از مکمل روی، مس، منگنز آلی بصورت پروتئینات اثری برکیفیت تخم‌مرغ شامل تغییر شکل و ارتفاع سفیده نداشت. Abd El-Hack و همکاران (۲۰۱۸) اظهار داشتند روی آلی به طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) کیفیت تخم‌مرغ و واحد هاو را افزایش داد، اما اثری بر شاخص شکل، درصد پوسته و شاخص زرده نداشت. همچنین گزارش شده است مرغان تخم‌گذاری که کمپلکس آلی حاوی منگنز و روی دریافت کردند، در فاز دوم تولید (۶۵-۳۸هفتگی) کیفیت تخم‌مرغ و میزان تخم‌گذاری بهتری داشتند (Khajaren et al., 2002).

نتایج مربوط به ویژگی‌های پوسته تخم‌مرغ، درصد پوسته، مقاومت پوسته و ضخامت پوسته در جدول ۳ نشان داده شده است. افزودن سولفات روی، تنها در هفته دوم آزمایش درصد پوسته تخم‌مرغ را به طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد افزایش داد (P<۰/۰۵) ولی روی کیلاته (با متیونین) و هیدروکسی روی، با مقادیر مشابه روی، در مقایسه با گروه شاهد به طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) سبب افزایش درصد پوسته تخم‌مرغ شدند. درصد پوسته تخم‌مرغ پرندگان دریافت کننده ۹۰ میلی‌گرم هیدروکسی روی در مقایسه با ۵۰ میلی‌گرم، تنها در هفته هشتم به طور معنی-داری (P<۰/۰۵) بیشتر بود. احتمالا برای افزایش درصد پوسته تخم‌مرغ نیاز به روی بیشتری است. با افزایش سن، اندازه تخم‌مرغ بزرگ‌تر شده که نیاز به موادمعدنی بیشتری دارد؛ به علاوه با افزایش سن، برداشت کلسیم از استخوان کاهش می‌یابد که منجر به کاهش تولید کربنات کلسیم خواهد شد (Ensminger *et al.*, 1990). با این وجود در طول آزمایش، تفاوت معنی‌داری

بین گروه‌های مختلف تیماری از نظر صفت ضخامت پوسته تخم-مرغ مشاهده نشد. از طرفی می‌توان بیان کرد که مطابق نتایج جدول ۲ پژوهش حاضر منابع مختلف روی به خصوص سطوح مختلف هیدروکسی موجب افزایش معنی‌دار وزن تخم مرغ شدند، بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که افزایش درصد پوسته در پژوهش حاضر ناشی از بزرگ شدن تخم مرغ و افزایش سطح پوسته بوده است و نه ضخامت پوسته تخم مرغ، که نتایج پژوهش حاضر هم موید همین موضوع است چون همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود ضخامت پوسته تخم مرغ تحت تأثیر تیمار حاوی منابع مختلف روی قرار نگرفته است. مقاومت پوسته تخم‌مرغ با افزودن اشکال مختلف منابع روی نسبت به گروه شاهد افزایش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۵) ولی این تغییر در بین منابع مختلف روی و سطوح مختلف هیدروکسی روی معنی‌دار نبود، به این معنی که ۵۰ میلی-گرم هیدروکسی روی در جیره توانست مقاومت پوسته تخم‌مرغ را همانند ۷۰ میلی‌گرم سولفات روی و روی کیلاته بهبود دهد. در توافق با این نتایج، در آزمایشی گزارش شد مکمل‌های روی، مس و منگنز بدون در نظر گرفتن منبع آن‌ها، مقاومت در برابر شکستگی و ترک‌خوردگی را در مرغان مسن بهبود بخشیدند (Mabe *et al.*, 2003). همچنین Abd El-Hack و همکاران (۲۰۱۸) نتیجه گرفتند جایگزینی ۲۵ درصد منابع آلی مس-روی- منگنز به جای منبع غیرآلی سولفات این عناصر، کیفیت پوسته تخم‌مرغ را بهبود می‌دهد.

حقیقت این است که پوسته تخم‌مرغ روی ماتریکسی آلی تولید می‌شود که شامل پروتئین‌های رشته‌ای درهم پیچیده و توده‌های کروی بوده و بین آن‌ها را بلورهای کلسیم اشغال نموده است. بنابراین گرچه ضخامت پوسته فاکتور مهمی است ولی تنها فاکتور تعیین کننده برای میزان استحکام پوسته نمی‌باشد Butcher and (Miles, 2015).

تأثیر مواد معدنی کم نیاز مانند روی، منگنز و مس بر کیفیت پوسته احتمالا از طریق خصوصیات کوفاکتوری آن‌ها برای آنزیم‌های دخیل در شکل‌گیری پوسته تخم‌مرغ و اثر متقابل آن‌ها بر کریستال‌های کلسیت در شکل‌گیری پوسته اعمال می‌شود. همچنین وجود اثرات متقابل بین کلسیم و عناصر کم نیازی مانند روی و منگنز گزارش شده است. بطور کلی شواهد حاکی از آن است که روی و منگنز استفاده از کلسیم را در مرغان تخم‌گذار افزایش داده و مولفه‌های کیفی پوسته را بهبود می‌دهند (Mabe *et al.*, 2003).

Moreng و همکاران (۱۹۹۲) افزایش میزان مقاومت پوسته در برابر شکستگی و افزایش وزن پوسته در واحد سطح را با افزودن مکمل روی به جیره مشاهده کردند. افزودن روی به آب حاوی نمک، بروز نقص در پوسته تخم‌مرغ را کاهش و استحکام پوسته و نیز میزان آنزیم کربنیک آنهیداز (که به آهکی شدن بهتر پوسته کمک می‌کند) را افزایش می‌دهد (Balnave and Zhang, 1993). از طرفی Kita و همکاران (۱۹۹۷) اثر مثبتی از افزودن کمپلکس روی-متیونین به جیره در کیفیت پوسته تخم‌مرغ‌هایی که در معرض تنش گرمایی بودند مشاهده نکردند.

جدول ۵ اثر استفاده از منابع مختلف روی را بر میزان سطح روی خون، روی استخوان، آلبومین خون و تیتر آنتی‌بادی علیه بیماری نیوکاسل، نشان می‌دهد. مرغ‌هایی که جیره شاهد دریافت کردند به طور معنی‌داری کمترین سطح روی خون را داشتند (P<۰/۰۵). سطح روی در خون مرغ‌هایی که ۷۰ میلی‌گرم سولفات روی دریافت کرده بودند نسبت به گروه شاهد بیشتر (P<۰/۰۵) و نسبت به دیگر تیمارها (به جز تیمار ۴) کمتر بود (P<۰/۰۵). کاهش غلظت یک عنصر در جیره سبب کاهش سطح آن در خون می‌شود. از طرفی کاهش سطح منابع سولفات روی در مقایسه با سایر منابع روی ممکن است به این مسئله مربوط باشد که منابع سولفات عناصر ریزمغذی، به دلیل مکانیسم‌های جذب یکسان، به شدت تحت تأثیر اثرات آنتاگونیستی قرار گرفته و دفع می‌شوند. به علاوه کیلات شدن کاتیون‌های دو ظرفیتی توسط اسیدفایتیک یکی دیگر از محدودیت‌های این گونه منابع معدنی است (Viera, 2008).در بین تیمارهای مختلف تنها تیمار دوم (۷۰ میلی‌گرم سولفات روی) سبب افزایش روی در درشت‌نی، نسبت به گروه شاهد نشد و در واقع روی کیلاته و تمام سطوح نمک هیدروکسی روی، سطح روی استخوان را به طور معنی‌داری نسبت به گروه

شاهد افزایش داد (P<۰/۰۵). برای تعیین نیاز پرندگان به عنصر روی معمولا از اشتها و تجمع روی در استخوان استفاده می‌شود (Klasing, 1998).

Jahanian و همکاران (۲۰۰۸)، قابلیت دسترسی بالاتر کمپلکس روی- متیونین و روی-لیزین را نسبت به شکل اکسید و سولفات معدنی گزارش کرده و بیان داشتند بازده زیستی محصولات آلی به خاطر متابولیسم متفاوت آن‌ها از منابع غیرآلی است. لذا نیاز به روی هنگامی که منبع آلی استفاده می‌شود، پائین‌تر است. Wedekind و Baker (۱۹۸۹) نیز بهبود رشد و افزایش ذخیره روی استخوان را در جوجه‌های تغذیه شده با کمپلکس روی-متیونین نسبت به منابع اکسید روی و سولفات روی نشان دادند.

Spears (۱۹۸۹) نیز گزارش کرد که کمپلکس روی-متیونین نسبت به اکسید روی منبعی از روی، با قابلیت دسترسی بیشتر است. گرچه روی از این دو منبع به طور یکسان جذب می‌شود ولی ابقاء روی در بره‌های تغذیه شده با روی-متیونین بیشتر بود. Cao و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که غلظت روی موجود در استخوان پرندگانی که مکمل آلی روی دریافت کرده بودند نسبت به گروهی که منبع معدنی روی دریافت کرده بودند، بیشتر بود.

منابع آلی فلزات کم نیاز، قابلیت دسترسی بالاتری نسبت به اشکال غیرآلی دارند، که به علت توانائی ترکیبات آلی مثل اسیدهای آمینه در پیوند محکم با فلزات دو ظرفیتی در شرایط pH فیزیولوژیک است. این پیوند محکم بین فلز و حامل آلی، از به دام افتادن فلز توسط فیتات جلوگیری می‌کند. این در حالی است که فلز محلول در آب است و به این طریق جذب بهتر فلز را از مخاط روده کوچک بهبود می‌بخشد. کمپلکس آلی روی-متیونین متفاوت از پروتئینات روی و کمپلکس‌های پلی‌ساکاریدی روی است زیرا این ترکیب یک کمپلکس اسیدآمینه‌ای مخصوص بوده که در آن سولفات روی به DL-متیونین متصل است و عنصر روی بین گروه‌های کربوکسیل و آمینوی متیونین به اشتراک گذاشته شده به‌طوری‌که پیوندهای آلی، بوسیله آب و سولفات اشغال شده است (Kidd و همکاران، ۱۹۹۶).

جدول ۵ نشان می‌دهد که افزودن ۷۰ میلی‌گرم سولفات روی به جیره شاهد، تغییر معنی‌داری در سطح آلبومین خون و تیتر آنتی‌بادی علیه بیماری نیوکاسل ایجاد نکرد. در این رابطه Ezzati و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که افزودن ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی غیرآلی به جیره جوجه‌های گوشتی در مقایسه با ۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۲۵ میلی‌گرم بیشترین تیتر آنتی‌بادی در مقابل بیماری نیوکاسل را نشان می‌دهد. در آزمایش حاضر افزودن منابع کیلاته و هیدروکسی روی به جیره حتی در سطح ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم هیدروکسی روی، سبب افزایش معنی‌دار (P<۰/۰۵) سطح آلبومین و تیتر آنتی‌بادی در خون پرندگان شد. در توافق با این نتایج، Hudson و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش کردند که تیتر آنتی‌بادی علیه ویروس نیوکاسل در گروهی که کمپلکس روی-آمینواسید دریافت کردند، بیشتر بود.

Khajeran و همکاران (۲۰۰۲) دریافتند که تیتر آنتی‌بادی علیه نیوکاسل و برونشیت عفونی و گامبورو با افزودن کمپلکس روی-اسیدآمینه به جیره افزایش یافت. تیمولین که یک هورمون تنظیم کننده بلوغ لنفوسیت‌های- T است، جهت انجام فعالیت بیولوژیک خود به روی نیاز دارد. مشهود است که تغذیه نقش اساسی در واکنش‌های ایمنی دارد (Kidd *et al.*, 2004). روی به طور مستقیم بر سیستم ایمنی اثر می‌گذارد (Kirchgessner *et al.*, 1976). Beach و همکاران (۱۹۸۰) گزارش کردند که جیره‌های مکمل شده با روی توانائی تولیدآنتی‌بادی را بهبود بخشید. Nassiri Moghaddam و Jahanian (۲۰۰۹) نشان دادند که سطوح ناکافی روی تکثیر لنفوسیت را با اختلال روبرو می‌سازد. این موضوع احتمالا به دلیل دخالت روی در سنتز DNA است (Cunningham *et al.*, 1988). به طور کلی مقادیر ناکافی روی یا منابعی با قابلیت دسترسی پائین، سبب اختلال در آن دسته از اعمال سلولی می‌شود که به طور عمده‌ای وابسته به RNA و DNA است (Prasad, 1982). مکمل کردن جیره با روی آلی، هر دو واکنش‌های ایمنی هومورال و سلولی را بهبود می‌بخشد (Moradikor *et al.*, 2013).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد استفاده از مکمل روی در شکل‌های مختلف سولفات روی، کمپلکس روی-متیونین و هیدروکسی کلرید روی، مقاومت پوسته تخم‌مرغ را بهبود بخشید. میزان ۵۰ میلی‌گرم هیدروکسی کلرید روی می‌تواند جایگزین ۷۰ میلی‌گرم سولفات روی یا کمپلکس روی-متیونین در جیره مرغان تخم‌گذار مسن شود. بنابراین شاید بتوان با استفاده از شکل جدید ریز مغذی-ها، معایب شکل‌های قدیمی‌تر این منابع را رفع نمود.

منابع

Abd El-Hack, M.E., Algawany, M., Amer, S.A., Arif, M., Wahdan, K.M.M. and El-Kholy, M.S. (2018). Effect of dietary supplementation of organic zinc on laying performance, egg quality and some biochemical parameters of laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutririon*. 102(2): 542-549.

AOAC. (1995). Official methods of analysis, 16 Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.

Arias, V.J. and Koutsos, E.A. (2006). Effects of copper source and level on intestinal physiology and growth of broiler chickens. *Poultry Science*. 85:999-1007.

Ashmead, H.D. (1993). The role of amino acid chelates in animal nutrition. Noyes Publications, New Jersey, USA. Pp: 306-319.

Ashmead, H.D., Graff, D.J. and Ashmead, H.H. (1985). *Intestinal Absorption of Metal Ions and Chelates.* Charles C Thomas Publication, Springfield, Illinois, U.S.A.

Bai, S., Jin, G.U., Li, D., Ding, X., Wang, J., Zhang, K., Zeng, Q., Ji, F. and Zhao, J. (2017). Dietary organic minerals level influences eggshell quality and minerals retention in hens. *Annuals of Animal science* 17(2):503-515.

Balnave, D. and Zhang, D. (1993). Responses of laying hens on saline drinking water to dietary supplementation with various zinc compounds. *Poultry Science*. 72:603-606.

Batal, A.B., Parr, T.M. and Baker, D.H. (2001). Zinc bioavailability in tetra basic zinc chloride and the dietary zinc requirement of young chicks fed a soy concentrate diet. *Poulty Science*. 80: 87-90.

Beach, R.S., Gershwin, M.E. and Hurley, L.S. 1981. Nutritional factors and autoimmunity. I. Immunopathology of zinc deprivation in New Zealand mice. *Journal of Immunology*. 126: 1999-2006.

Butcher, G.D. and Miles. (2015). Concept of egg shell quality. In: http://edis.ifas.ufl.edu/vm013.

Cao, J., Henry, P.R., Guo, R., Holwerda, R.A., Toth, J.P., Littell, R.C., Miles, R.D. and Ammerman, C. D. 2000. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants. *Journal of Animal Sciencce*. 78: 2039-2054.

Cunningham-Rundles, S. and Cunningham-Rundles, W.F. (1988). Zinc modulation of immune response. pp: 197-214, In: Chandra, R.K (Ed.) *Nutrition and Immunology*. New York, USA, Alan Liss Publication.

Ensminger, M.E, Oldfield, J.E. and Heinemann, W.W. (1990). *Feed and nutrition.* The Elsminger Publication, Clovis, California, USA. pp: 8–120.

Hudson, B.P., Dozier, W.A., Wilson, J.L., Sander, J.E. and Ward, T.L. 2004. Reproductive performance and immune status of aged broiler breeder hens provided diets supplemented with either inorganic or organic sources of zinc from hatching to 65 wk of age. *Journal of Applied Poultry Research*. 13:349-359.

Jahanian, R., Nassiri Moghaddam, H. and Rezaei, A. 2008. Improved broiler chicken performance by dietary supplementation of organic zinc sources. *Journal of Animal Science.* 21:1348-1354.

Keshavarz, K. (2003). A comparison between cholecalciferol and 25-OH-cholecalciferol on performance and eggshell quality of hens fed different levels of calcium and phosphorus. *Poultry science*. 82:1415-1422.

response of laying hen during high environmental temperature. *International Journal of Poultry Science.* 6(12):895-900.

Moradikor, N., Amirshekari, T. and Farhadi, R. (2013). The effects of different lenels certiselen-E supplementation on performance and immune response of laying hens during high environmental temperature. *European Journal of Experimental Biology*. 3(3): 642-646.

Moreng, R.E., Balnave, D. and Zhang, D. (1992). Dietary zinc methionine effect on eggshell quality of hens drinking saline water. *Poultry Science*. 71: 1163-1167.

Nassiri Moghaddam, H. and Jahanian, R. 2009. Immunological Response of broiler chicks can be modulated by dietary supplementation of zinc- methionine in place of inorganic zinc sources. *Asian Australian Journal of Animal Science*. 22: 396-403.

Prasad, A.S. (1982). *Zinc deficiency in human subjects*. pp. 3-62, In: Prasad, A.S. (Ed.) *Clinical, Biochemical, and Nutritional Aspects of Trace Elements*. Alan Liss Publication.

Puchala, R., Sahlu, T. and Davis, G.G. (1999). Effect of zinc-methinine on performance of Angora goates. *Small Ruminant Research*. 33:1-8.

Sahin, K., Smith, M.O., Onderic, M., Sahin, N., Gursu, M.F. and Kukuk, O. (2005). Supplementation of zinc from organic or inorganic source improves performance and antioxidant status of heat stress quail. *Poultry Science*. 84: 882-887.

SAS. (2014). Statistical Analysis Sustems, Version 9.4. Cary, NC: SAS Institue Inc.

Spears, J.W. 1988. Zinc methionine for ruminants: relative bioavailability of zinc in lambs and effected of growth and performance of growing heifers. *Journal of Animal Science.* 67:835-843.

Stahl, J.L., Cook, M.E., Sunde, M.L. (1986): Zinc supplementation: its effect on egg production, feed conversion, fertility and hatchability. *Poultry Science*, 65, 2104–2109.

Swiatkiewicz, S. and Koreleski, J. (2008). The

Khajaren, J., Ratanasethakul, C., Kharajarern, S., Ward, T.L., Fakler, T.M. and Johson, A. B. (2002). Effect of zinc and manganese amino acid complexes (Availa Z/M) on broiler breeder production and immunity. *Poultry Science*. 72:1492-1499.

Kidd, M. T. 2004. Nutritional modulation of immune function in broilers. *Poultry Science*. 83: 650-657.

Kidd, M.T., Ferket, P.R. and Qureshi, M.A. (1996). Zinc metabolism with special reference to its role in immunity. *Poultry Science*. 52: 309-324.

Kirchgessener, H., Roth, H.P. and Wigand, F. (1976). *Trace elements in human health and disease.* First Edition. Academic press, New York, USA. Pp: 189-226.

Kita, K., Holmura, L. and Okumura, J.L. (1997). Influence of dietary zinc methionine on eggshell quality in laying hens under hot climate environment. *Japanese Poultry Science*. 34: 21-26.

Klasing, K.C. (1998). Nutritional modulation of resistance to infectious diseases. *Poultry Science*. 77: 119-125.

Leeson, S. and Caston, L. (2008). Using minimal supplements of trace minerals as a method of reducing trace mineral content of poultry manure. *Animal feed Scince and Technology*. 142: 339-347.

Mabe, I., Rapp, C., Bain, M.M. and Nys, Y. (2003). Supplementation of 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.

Marquardt, W. W., D.B. Snyder, P. K. Savage, S. K. Kadavil, and F. S. Yancey. 1984. Antibody Response to New Castle disease virus given by two different Route as Measured by ELISA and Hemagglutination – Inhibition test and Associated Tracheal Immunity. Avian disease. 29: 71-79.

Mohiti Asli, M., Hosseini, S. A., Lotfollahian, H. and Shariatmadari, F. (2007). Effects of probiotics, yeast, vitamin E and vitamin C supplements on performance and immune

from inorganic and organic sources for pigs fed corn-soybean meal diets. *Journal of Animal Science*. 72:2681-2689.

Yan, F. and Waldrop, P. W. (2006). Evaluation of Mintrex® Manganese as a source of Manganese for young broilers. *International Journal of Poultry Science*. 5:708-713.

Zamani, A., Rahmani, H.R. and Pourreza H.R. (2005): Eggshell quality is improved by excessive dietary zinc and manganese. In: Proceedings 15th European Symposium on Poultry Nutrition, 25–29 September, Balatonfured, Hungary, 520-522.

effect of zinc and manganese source in the diet for laying hens on eggshell and bone quality. *Veterinarni Medicina*. 53:555-563.

Viera, S.L. (2008). Chelated minerals for poultry. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 10: 73-79.

Wedekind, K.J. Hortin, A.E. and Baker, D.H. (1992). Methodology for assessing zinc bioavailability: efficacy estimates for zinc-methionine, zinc sulfate and zinc oxide. *Journal of Animal Science*. 70: 178-187.

Wedekind, K.J., Lewis, A.J. Giesmann, M.A. and Miller, P.S. 1994. Bioavailability of zinc

جدول ۱- اجزا و ترکیبات جیره پایه

ماده خوراکی	درصد
ذرت	۴۸/۳۳
سویا	۲۱/۵۸
گندم	۱۱
کربنات کلسیم	۱۱/۱۶
روغن سویا	۳/۴۷
سبوس گندم	۱/۷
دی کلسیم فسفات	۱/۵۴
نمک	۰/۳۹
مکمل ویتامینی*	۰/۳
مکمل معدنی**	۰/۳
دی ال- متیونین	۰/۱۴
لایزین	۰/۰۸
آنالیز محاسباتی جیره	
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم)	۲۸۱۰
پروتئین خام (درصد)	۱۵/۱۵
کلسیم (درصد)	۴/۶۵
فسفر قابل دسترس (درصد)	۰/۴
سدیم (درصد)	۰/۱۸
متیونین (درصد)	۰/۳۸
متیونین+سیستئین (درصد)	۰/۶۵
لایزین (درصد)	۰/۸۰
آرژنین (درصد)	۰/۹۰
ترئونین (درصد)	۰/۵۹

*ترکیب مکمل ویتامینه برای هر کیلوگرم جیره شامل: ۳۲۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۳۲۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D۳، ۸۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۹۸۲ میلی‌گرم B۱۲، ۵ میلی‌گرم ویتامین K، ۲۲۰۰ میلی‌گرم ریبوفلاوین، ۳۲۰۰ میلی‌گرم نیاسین، ۴ گرم کولین کلراید، ۲۵۰ میلی‌گرم بیوتین، ۳ میلی‌گرم تیامین، ۴ میلی‌گرم پیریدوکسین. ** ترکیب مکمل معدنی برای هر کیلوگرم جیره پایه شامل: ۷۵ میلی‌گرم منگنز، ۷۵ میلی‌گرم آهن، ۵ میلی‌گرم مس، ۰/۷۶ میلی‌گرم ید، ۰/۱ میلی‌گرم سلنیوم. روی در شکل‌های مختلف (آلی و غیر آلی) در مقادیر مورد نیاز به جیره‌ی گروه‌های تیماری افزوده شد.

جدول ۲- اثر منابع مختلف آلی و غیرآلی روی بر عملکرد مرغان تخم‌گذار

منبع روی	خوراک مصرفی (گرم/مرغ/روز)				وزن تخم‌مرغ (گرم)			
	هفته ۲	هفته ۴	هفته ۶	هفته ۸	هفته ۲	هفته ۴	هفته ۶	هفته ۸
جیره فاقدروی	۱۰۴±۷/۱۸	۱۰۶±۷/۵	۱۰۷±۶/۳۸	۱۰۷±۷/۰	۶۳±۱/۱۴	۶۴±۲/۲۴	۶۲^{b}±۲/۲۶	۶۱^{b}±۲/۵۵
سولفات روی	۱۰۱±۱۱/۰	۱۰۲±۹/۰	۱۰۴±۱۰/۰	۱۰۵±۱۰/۰	۶۴±۱/۸۶	۶۴±۱/۹۳	۶۴^{b}±۲/۵۶	۶۵^{a}±۲/۷۱
روی -متیونین	۹۸±۶/۳۲	۹۹±۷/۲	۱۰۰±۷/۲۴	۱۰۲±۷/۲۲	۶۴±۱/۵۸	۶۴±۱/۸۱	۶۶^{a}±۱/۸۹	۶۷^{a}±۱/۹۶
هیدروکسی (۵۰mg/kg)	۱۰۰±۶/۶۲	۹۹±۶/۸۶	۱۰۱±۶/۴۹	۱۰۲±۷/۴۸	۶۴±۲/۲۱	۶۴±۱/۸۳	۶۶^{a}±۲/۴۵	۶۷^{a}±۲/۶۳
هیدروکسی (۷۰mg/kg)	۹۸±۵/۵۲	۹۸±۶/۲۹	۹۹±۵/۰	۱۰۱±۷/۰۲	۶۴±۱/۷۸	۶۴±۲/۰۶	۶۶^{a}±۱/۸۲	۶۸^{a}±۲/۱۳
هیدروکسی (۹۰mg/kg)	۱۰۱±۴/۸۹	۹۷±۵/۶۱	۹۸±۵/۲۳	۹۹±۴/۷۶	۶۴±۱/۹۵	۶۴±۱/۹۴	۶۶^{a}±۲/۰۶	۶۸^{a}±۱/۸۹
P-Value	۰/۸۴	۰/۴۸	۰/۵۰	۰/۷۰	۰/۹۴	۰/۹۹	۰/۰۵	۰/۰۰۳

منبع روی	توده تخم‌مرغ تولیدی (گرم/مرغ/روز)				ضریب تبدیل خوراک			
	هفته ۲	هفته ۴	هفته ۶	هفته ۸	هفته ۲	هفته ۴	هفته ۶	هفته ۸
جیره فاقدروی	۴۷/۰۶±۳/۱۱	۴۶/۹۰±۳/۹۱	۴۶/۷۲±۵/۰۹	۴۶/۱۲±۴/۸۰	۲/۲۱^{a}±۰/۰۶	۲/۲۶^{a}±۰/۰۷	۲/۲۹^{a}±۰/۰۶	۲/۳۲^{a}±۰/۰۸
سولفات روی	۵۰/۵۰±۵/۰۲	۴۶/۳۶±۲/۹۰	۴۸/۳۷±۵/۷۱	۴۷/۵۱±۳/۸۵	۲/۰۰^{b}±۰/۰۶	۲/۲۰^{a}±۰/۰۸	۲/۱۵^{b}±۰/۰۸	۲/۲۱^{b}±۰/۰۸
روی -متیونین	۴۹/۲۵±۳/۷۸	۴۸/۷۶±۴/۵۶	۴۷/۸۵±۴/۲۴	۴۷/۸۹±۳/۹۱	۱/۹۹^{b}±۰/۰۷	۲/۰۳^{bc}±۰/۰۶	۲/۰۹^{b}±۰/۰۶	۲/۱۳^{b}±۰/۰۶
هیدروکسی (۵۰mg/kg)	۴۹/۷۵±۴/۱۴	۴۸/۷۶±۴/۸۴	۴۶/۷۶±۴/۵۴	۴۶/۷۹±۴/۰۱	۲/۰۱^{b}±۰/۰۶	۲/۰۳^{b}±۰/۰۶	۲/۱۶^{b}±۰/۰۶	۲/۱۸^{b}±۰/۰۶
هیدروکسی (۷۰mg/kg)	۴۹/۷۵±۴/۸۱	۴۷/۱۲±۴/۰۱	۴۷/۳۷±۳/۹۸	۴۷/۴۲±۴/۲۴	۱/۹۷^{b}±۰/۰۵	۲/۰۸^{bc}±۰/۰۶	۲/۰۹^{b}±۰/۰۷	۲/۱۳^{b}±۰/۰۷
هیدروکسی (۹۰mg/kg)	۵۱/۵۳±۴/۴۷	۴۸/۷۴±۳/۲۴	۴۷/۵۷±۳/۱۱	۴۶/۷۰±۴/۱۷	۱/۹۶^{b}±۰/۰۵	۱/۹۹^{c}±۰/۰۵	۲/۰۶^{b}±۰/۰۶	۲/۱۲^{b}±۰/۰۷
P-Value	۰/۳۳	۰/۴۷	۰/۲۱	۰/۳۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹

حروف متفاوت در هر ستون، نشان‌دهنده‌ی وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است

جدول ۳- اثر منابع مختلف آلی و غیرآلی روی بر صفات کیفی تخم‌مرغ

منبع روی	شاخص زرده (٪)				وزن مخصوص تخم‌مرغ (گرم)				واحد هاو			
	هفته ۲	هفته ٤	هفته ٦	هفته ۸	هفته ۲	هفته ٤	هفته ٦	هفته ۸	هفته ۲	هفته ٤	هفته ٦	هفته ۸
جیره فاقدروی	۰/۳۸^{b}±۰/۰۰۹	۰/۳۸±۰/۰۰۷	۰/۳۸^{b}±۰/۰۰۷	۰/۳۹^{b}±۰/۰۱۰	۱/۰۶۳±۰/۰۴۶	۱/۰۶۲±۰/۰۴۷	۱/۰۶۲±۰/۰۵۰	۱/۰۶۰±۰/۰۳۸	۶۶/۴۵±۱/۰۰	۶۴/۴۰±۰/۹۴	۶۱/۹۵^{b}±۱/۰۴	۶۰/۸۷^{b}±۰/۸۱
سولفات روی	۰/۴۰^{a}±۰/۰۰۸	۰/۴۱±۰/۰۱۵	۰/۴۱^{a}±۰/۰۱۹	۰/۴۱^{a}±۰/۰۱۳	۱/۰۶۰±۰/۰۵۴	۱/۰۶۲±۰/۰۴۲	۱/۰۶۱±۰/۰۳۸	۱/۰۶۰±۰/۰۲۳	۷۰/۱۲±۱/۲۲	۶۹/۱۰±۱/۰۱	۶۸/۷۲^{a}±۱/۴۵	۶۷/۳۵^{a}±۰/۹۸
روی –متیونین	۰/۴۰^{a}±۰/۰۰۸	۰/۴۰±۰/۰۰۸	۰/۴۱^{a}±۰/۰۰۷	۰/۴۱^{a}±۰/۰۰۶	۱/۰۶۴±۰/۰۵۰	۱/۰۶۱±۰/۰۶۱	۱/۰۶۲±۰/۰۶۳	۱/۰۶۰±۰/۰۵۹	۶۸/۳۷±۱/۰۶	۶۸/۶۴±۱/۰۶	۶۸/۶۲^{a}±۱/۳۲	۶۹/۹۶^{a}±۱/۲۹
هیدروکسی (۵۰mg/kg)	۰/۴۰^{a}±۰/۰۱۴	۰/۴۰±۰/۰۱۶	۰/۴۱^{a}±۰/۰۱۳	۰/۴۱^{a}±۰/۰۱۲	۱/۰۶۱±۰/۰۳۴	۱/۰۵۹±۰/۰۳۵	۱/۰۵۹±۰/۰۴۱	۱/۰۵۲±۰/۰۳۲	۶۸/۳۵±۰/۹۳	۶۸/۵۸±۱/۰۸	۶۸/۵۳^{a}±۱/۰۰	۶۹/۹۱^{a}±۱/۰۱
هیدروکسی (۷۰mg/kg)	۰/۴۰^{a}±۰/۰۱۴	۰/۴۰±۰/۰۱۸	۰/۴۱^{a}±۰/۰۱۴	۰/۴۱^{a}±۰/۰۱۵	۱/۰۶۰±۰/۰۳۹	۱/۰۶۱±۰/۰۳۶	۱/۰۵۹±۰/۰۳۵	۱/۰۵۴±۰/۰۳۶	۶۸/۳۷±۰/۹۶	۶۸/۵۸±۰/۹۴	۶۹/۲۸^{a}±۱/۰۸	۶۹/۸۲^{a}±۱/۰۸
هیدروکسی (۹۰mg/kg)	۰/۴۰^{a}±۰/۰۱۴	۰/۴۱±۰/۰۱۳	۰/۴۲^{a}±۰/۰۱۶	۰/۴۱^{a}±۰/۰۱۶	۱/۰۶۴±۰/۰۲۷	۱/۰۶۱±۰/۰۲۶	۱/۰۶۲±۰/۰۲۹	۱/۰۵۹±۰/۰۳۲	۶۸/۳۵±۰/۸۸	۶۸/۶۳±۰/۹۲	۶۸/۵۹^{a}±۰/۹۱	۶۹/۸۳^{a}±۱/۰۴
P-Value	۰/۰۲۴۲	۰/۰۵۶۰	۰/۰۲۳۵	۰/۰۲۶۵	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۳۰۲	۰/۰۸۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱

منبع روی	درصد پوسته				مقاومت پوسته (کیلوگرم بر سانتی‌متر)				ضخامت پوسته (میلی‌متر)			
	هفته ۲	هفته ٤	هفته ٦	هفته ۸	هفته ۲	هفته ٤	هفته ٦	هفته ۸	هفته ۲	هفته ٤	هفته ٦	هفته ۸
جیره فاقدروی	۱۱/۷۹^{c}±۰/۲۰	۱۱/۵۳^{b}±۰/۲۰	۱۱/۲۵^{b}±۰/۳۳	۱۱/۱۰^{c}±۰/۲۴	۲/۰۵^{b}±۰/۰۷	۱/۹۱^{b}±۰/۰۵	۱/۸۵^{b}±۰/۰۷	۱/۷۵^{b}±۰/۰۶	۰/۴۰±۰/۰۰۸	۰/۳۹±۰/۰۱۰	۰/۳۹±۰/۰۰۷	۰/۳۹±۰/۰۱۰
سولفات روی	۱۲/۲۱^{ab}±۰/۳۹	۱۱/۹۹^{ab}±۰/۴۸	۱۱/۷۶^{ab}±۰/۵۷	۱۱/۴۲^{bc}±۰/۵۸	۲/۴۳^{a}±۰/۱۳	۲/۳۱^{a}±۰/۱۰	۲/۳۲^{a}±۰/۱۲	۲/۲۸^{a}±۰/۱۳	۰/۴۱±۰/۰۱۸	۰/۴۱±۰/۰۱۳	۰/۴۱±۰/۰۱۶	۰/۴۱±۰/۰۱۶
روی –متیونین	۱۳/۰۶^{a}±۰/۴۲	۱۲/۶۱^{a}±۰/۶۶	۱۲/۲۵^{a}±۰/۵۱	۱۱/۹۹^{ab}±۰/۶۰	۲/۴۳^{a}±۰/۱۱	۲/۲۴^{a}±۰/۰۸	۲/۳۱^{a}±۰/۱۰	۲/۲۲^{a}±۰/۰۹	۰/۴۱±۰/۰۱۰	۰/۴۱±۰/۰۰۸	۰/۴۱±۶/۰۱۰	۰/۴۱±۰/۰۰۱
هیدروکسی (۵۰mg/kg)	۱۲/۱۴^{bc}±۰/۲۴	۱۱/۹۲^{ab}±۰/۲۴	۱۱/۶۱^{ab}±۰/۳۲	۱۱/۴۳^{bc}±۰/۲۹	۲/۴۱^{a}±۰/۱۴	۲/۲۷^{a}±۰/۱۲	۲/۳۳^{a}±۰/۱۳	۲/۱۶^{a}±۰/۱۶	۰/۴۱±۰/۰۱۳	۰/۴۱±۰/۰۱۰	۰/۴۱±۰/۰۱۰	۰/۴۱±۰/۰۱۰
هیدروکسی (۷۰mg/kg)	۱۲/۸۶^{ab}±۰/۳	۱۲/۵۰^{a}±۰/۲۸	۱۲/۲۵^{a}±۰/۲۸	۱۲/۰۱^{ab}±۰/۳۳	۲/۴۳^{a}±۰/۱۳	۲/۳۵^{a}±۰/۱۲	۲/۳۲^{a}±۰/۱۲	۲/۱۷^{a}±۰/۱۷	۰/۴۱±۰/۰۰۸	۰/۴۱±۰/۰۰۹	۰/۴۱±۰/۰۱۱	۰/۴۱±۰/۰۰۱
هیدروکسی (۹۰mg/kg)	۱۲/۹۹^{ab}±۰/۳۷	۱۲/۶۰^{a}±۰/۳۳	۱۲/۳۰^{a}±۰/۳۳	۱۲/۰۹^{a}±۰/۴۳	۲/۴۳^{a}±۰/۱۰	۲/۳۳^{a}±۰/۰۹	۲/۳۲^{a}±۰/۰۹	۲/۱۹^{a}±۰/۱۰	۰/۴۱±۰/۰۷۷	۰/۴۱±۰/۰۱۰	۰/۴۱±۰/۰۱۰	۰/۴۱±۰/۰۰۹
P-Value	۰/۰۰۰۸	۰/۰۱۶	۰/۰۰۶	۰/۰۲۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۵۴	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۰۹

حروف متفاوت در هر ستون، نشان‌دهنده‌ی وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است

جدول٤- اثر منابع مختلف آلی و غیرآلی روی بر شاخص شکل تخم‌مرغ

منبع روی	هفته ۲	هفته ۴	هفته ۶	هفته ۸
جیره فاقدروی	۷۲/۲۱±۱/۶۱	۷۲/۳۰±۱/۴۲	۷۲/۲۵±۱/۸۵	۷۳/۴۰±۱/۷۱
سولفات روی	۷۴/۲۸±۲/۰۴	۷۴/۶۰±۱/۵۱	۷۵/۴۰±۲/۷۳	۷۵/۶۰±۲/۴۹
روی –متیونین	۷۴/۳۰±۲/۴۹	۷۵/۶۰ ±/۳۸	۷۵/۶۰±۲/۵۹	۷۶/۶۲±۲/۵۲
هیدروکسی (۵۰mg/kg)	۷۴/۲۸ ±/۸۵	۷۵/۴۲±۱/۸۹	۷۵/۸۶±۱/۹۲	۷۶/۱۸±۱/۸۳
هیدروکسی (۷۰mg/kg)	۷۶/۱۸ ±/۱۷	۷۵/۴۶±۲/۰۱	۷۵/۴۶±۱/۸۶	۷۶/۴۲±۲/۱۲
هیدروکسی (۹۰mg/kg)	۷۵/۲۰±۲/۱۵	۷۵/۸۰±۲/۰۱	۷۶/۴۰±۲/۶۰	۷۶/۲۲±۲/۵۲
P-Value	۰/۲۰۹	۰/۱۴۹	۰/۱۹۸	۰/۳۵۷

جدول ۵- اثر منابع مختلف آلی و غیرآلی روی بر سطح روی خون و خاکستر استخوان ، آلبومین خون و تیتر آنتی بادی علیه بیماری نیوکاسل

منبع روی	سطح روی خون mg/dl	سطح روی درشت‌نی mg/kg	سطح آلبومین خون mg/dl	آنتی بادی علیه نیوکاسل (log)
جیره فاقدروی	۱/۵۳^{c}±۰/۰۲	۶۱/۲۵^{b}±۵/۷۴	۱/۷۸^{b}±۰/۰۵	۳/۰۸^{b}±۰/۰۹
سولفات روی	۱/۹۱^{b}±۰/۰۴	۶۸/۷۳^{ab}±۴/۱	۱/۹۹^{b}±۰/۱۰	۳/۲۶^{b}±۰/۲۸
روی –متیونین	۲/۲۱^{a}±۰/۱۲	۷۴/۷۸^{a}±۵/۴۲	۲/۳۷^{a}±۰/۱۲	۴/۸۳^{a}±۰/۱۵
هیدروکسی (۵۰mg/kg)	۲/۰۹^{ab}±۰/۰۴	۷۲/۷۸^{a}±۴/۳۵	۲/۳۲^{a}±۰/۰۱	۴/۶۳^{a}±۰/۴
هیدروکسی (۷۰mg/kg)	۲/۲۱^{a}±۰/۰۵	۷۴/۸۰^{a}±۲/۸۲	۲/۴۱^{a}±۰/۰۱	۴/۸۵^{a}±۰/۱۵
هیدروکسی (۹۰mg/kg)	۲/۲۱^{a}±۰/۲۵	۷۵/۷۸^{a}±۳/۳	۲/۴۴^{a}±۰/۱۵	۴/۹۵^{a}±۰/۱۴
P-Value	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱

حروف متفاوت در هر ستون، نشان‌دهنده‌ی وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است