نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۲۰، پاییز ۱۳۹۷
ص‌ص: ۱۷۳~۱۸۶

مقایسه اثرات روی–گلایسین و سولفات روی بر عملکرد و سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی

- **سید عبداله حسینی** (نویسنده مسئول)
دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج.
- **علیرضا شریفی**
دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج.
- **حسین نوروزیان**
استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج.
- **مهدی امیر صادقی**
استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج.
- **امیرحسین علیزاده قمصری**
استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج.
- **رضا سلیمانی**
دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

تاریخ دریافت : خرداد ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش : دی ۱۳۹۶
شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۳۱۱۹۹۰۱
Email: hosseini1355@gmail.com

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/asj.2018.110789.1457

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی اثرات منابع مختلف عنصر روی بر عملکرد، سیستم ایمنی و کیفیت لاشه جوجه‌های گوشتی انجام شد. به این منظور، تعداد ۸۷۵ قطعه جوجه گوشتی یک روزه سویه آرین به طور تصادفی در ۳۵ واحد آزمایشی (۲۵ قطعه در هر واحد آزمایشی) توزیع شدند. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل ۳×۲ شامل دو نوع منبع عنصر روی (سولفات روی و روی- گلایسین) و سه سطح مختلف روی (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) در مقایسه با تیمار شاهد (فاقد مکمل روی) اجرا شد. اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن بدن در سنین ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ روزگی معنی‌دار بود (P<۰/۰۵)؛ ولی تفاوت معنی‌داری در خوراک مصرفی بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد. پاسخ‌های ایمنی شامل تیتر آنتی بادی علیه تزریق گلبول قرمز گوسفندی (SRBC)، ایمنوگلوبولین‌های M و G، تیتر آنتی بادی علیه ویروس نیوکاسل و همچنین درصد هتروفیل، لنفوسیت و نسبت هتروفیل به لنفوسیت از نظر آماری تحت تأثیر سطوح و منابع مختلف عنصر روی قرار نگرفت. نتیجه نهایی این که فرم آلی روی به کار رفته در این آزمایش (روی- گلایسین) عملکرد بهتری نسبت به فرم معدنی (سولفاتی) آن نشان نداد.

واژه‌های کلیدی: ایمنی، جوجه گوشتی، روی آلی، مواد معدنی

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 120 pp: 173-186

Comparison the effects of Zinc-glycine and Zinc sulphate supplement on broiler performance and immunity

By: 1*- Seyed Abdoullah Hosseini, Research Associate Professor of Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
2-Alireza Sharifi, MSc of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University of Karaj, Karaj, Iran.
3-Hosseini Norouzian, Assistant Professor, College of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University of Karaj, Karaj, Iran.
4-Mahdi Amirsadeghi, Research Assistant Professor of Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
5-Amir Hossein Alizadeh-Ghamsari, Research Assistant Professor of Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
6-Mohammad Reza Soleymani, MSc of Animal Science, College of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.

Received: May 2017 **Accepted: December 2017**

This study was conducted to evaluate the effects of different dietary Zinc sources on performance, immune system and carcass quality of broiler chickens. Eight hundred and seventy five day-old broiler chickens (Arian strain) were randomly allocated to 35 experimental units (25 birds in each). This experiment was performed in a completely randomized design, as a 2×3 factorial with two sources (Zinc sulphate and Zinc-glycine) and three levels of dietary Zinc (40, 80 and 120 mg/kg) comparing with control group (without Zinc supplement). Effect of dietary treatments on body weight (day 7, 14, 21, 28, 35) was significant ($P<0.05$); however, no difference was observed between the treatments regarding to feed intake ($P>0.05$). Immune responses (antibody titer against SRBC, IgG, IgM, antibody titer against Newcastle virus), percentage of heterophile, lymphocyte and also heterophile to lymphocyte ratio were not influenced by the source and level of dietary Zinc. According to results, Zinc-glycine did not show better performance in comparison to zinc sulphate.

Key words: Immunity, Broiler Chicken, Organic Zinc, Minerals

مقدمه

با توجه به این که امروزه مصرف غلات در جیره حیوانات رو به افزایش بوده و بررسی‌های علمی حاکی از آن است که غلظت عنصر روی در غلات با غلظت این عنصر در خاک همبستگی بالایی دارد (زالی، ۱۳۸۶)، اهمیت کمبود عنصر روی در جیره بیش از پیش آشکار می‌شود. عوارض کمبود عنصر روی شامل عقب افتادگی رشد (Hudson و همکاران، ۲۰۰۵؛ Mohanna و Nys، ۲۰۱۰)، کوتاهی و نازکی استخوان‌های پای حیوان و بزرگ شدن مفصل خرگوشی، پوسته پوسته یا ضخیم شدن پوست و یا کراتینه شدن در ناحیه پا، پر درآوری بسیار ضعیف، کاهش ضریب تبدیل خوراک و اشتها و در مواقع کمبود خیلی شدید مرگ است (Johnston و Southern، ۲۰۰۰؛ Sunder و همکاران، ۲۰۱۳). با افزودن مکمل عنصر روی به خوراک، بسیاری از این عوارض رفع می‌شود (Salama و همکاران، ۲۰۰۳).

برخی محققان زیست فراهمی منابع آلی عنصر روی را بالاتر از منابع معدنی دانسته‌اند (Wedekind و همکاران، ۱۹۹۲؛ Spears و Kegley، ۲۰۰۲). لذا، در تغذیه طیور نوع مکمل عنصر روی مورد استفاده، بسیار مهم تلقی شده و در تحقیقات مختلف این موضوع را همیشه مدنظر داشته‌اند. شکل‌های مختلف عنصر روی مصرفی در حیوانات شامل سولفات روی، اکسید

روی، کلرید روی، کربنات روی، کیلات‌های مختلف آلی و معدنی روی و اخیراً منابع مختلف نانو روی هستند (Mohammadi و همکاران، ۲۰۱۵). تحقیقات انجام گرفته بر روی طیور نشان داده اگر زیست فراهمی عنصر روی از منبع سولفات صد در صد در نظر گرفته شود، زیست فراهمی این عنصر از اکسید آن ۴۴ تا ۷۸ درصد است (Spears و Kegley، ۲۰۰۲).

اعتقاد بر این است که عنصر روی در فعالیت بهینه بخش‌های مختلف سیستم ایمنی نقش داشته و برای حفظ یکپارچگی سلول-های مؤثر در ایجاد پاسخ ایمنی ضروری است (Sherman، ۱۹۹۲؛ Sahin و همکاران، ۲۰۰۹). کمبود عنصر روی سبب تضعیف ایمنی سلولی شده و اثرات نامطلوبی بر فعالیت تیموس و طحال دارد (Prasad و Kucuk، ۲۰۰۲). احتمالاً این عنصر با شرکت در ساختار آنزیم‌ها و واسطه‌هایی که برای فعالیت و انسجام سلول‌های ایمنی ضروری هستند، نقش خود را در این سامانه اِعمال می‌کند (Dowd و همکاران، ۱۹۸۶). همچنین عنصر روی، برای تشکیل فرم فعال هورمون تیمولین که نقش تنظیمی مهمی در سیستم ایمنی دارد، لازم بوده و در توسعه اندام‌های لنفاوی (طحال و بورس فابریسیوس) مؤثر است (Dardenne و Bach، ۱۹۸۷).

در تحقیقات گذشته، استفاده از روی به میزان بیشتر از ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره، تولید آنتی بادی‌ها را افزایش داده است (Kidd و همکاران، ۱۹۹۲)؛ با این حال برخی دیگر از پژوهشگران چنین اثرات سودمندی را در هنگام افزایش سطح روی جیره مشاهده نکرده‌اند (Pimentel و همکاران، ۱۹۹۱). در پژوهش Bartlett و Smith (۲۰۰۳) افزایش سطح مکمل روی جیره در شرایط تنش گرمایی سبب بهبود معنی‌دار تیتر آنتی بادی در جوجه‌های گوشتی شده است. همچنین در تحقیقی دیگر، جوجه‌های گوشتی دریافت کننده ۸۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم جیره نسبت به گروه دریافت کننده ۴۰ میلی‌گرم روی، پاسخ‌های ایمنی سلولی و هومورال بهتری را نشان دادند (Sunder و همکاران، ۲۰۰۸).

عمده منابع تأمین عنصر روی در جیره طیور، فرم‌های معدنی آن شامل سولفات و اکسید روی است. این فرم از مواد معدنی دارای قابلیت جذب نسبتاً پایین بوده و امروزه در جهت افزایش بهره‌وری، از مواد معدنی به فرم آلی به صورت ترکیبات کیلاتی روی-گلایسین و سایر کیلات‌ها استفاده می‌شود (Sunder و همکاران، ۲۰۱۳). عمده این ترکیبات وارداتی بوده و هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهد. هدف از انجام این تحقیق مقایسه اثرات استفاده از فرم آلی عنصر روی (روی-گلایسین) تولید شده در مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور در مقایسه با فرم معدنی آن (سولفات روی) بود.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش از تعداد ۸۷۵ قطعه جوجه گوشتی سویه آرین ۳۸۶، به روش فاکتوریل ۳×۲ و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار، ۵ تکرار و ۲۵ قطعه پرنده در هر پن (تکرار) به مدت ۴۲ روز استفاده شد. در ضمن جهت مقایسه اثر تیمارها با جیره فاقد مکمل روی (به عنوان شاهد)، یک گروه شاهد نیز در آزمایش لحاظ گردید. لذا کل تعداد تیمارها ۷ گروه بود. خوراک مورد نیاز (جدول ۲) با توجه به نیازمندی‌های توصیه شده سویه آرین برای دوره‌های مختلف آغازین (۱۴-۱ روزگی)، رشد (۲۴- ۱۵ روزگی) و پایانی (۴۲- ۲۵ روزگی) با استفاده از نرم‌افزار جیره-نویسی UFFDA فرموله شد. مکمل مواد معدنی تهیه شده، فاقد عنصر روی بود. ترکیبات عناصر معدنی این مکمل در (جدول ۱) مشخص شده است.

جدول ۱- غلظت مواد معدنی در مکمل

ماده معدنی	غلظت (میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره)
کولین کلراید	۲۴۰۰۰۰
منگنز	۴۰۰۰۰
آهن	۲۰۰۰۰
مس	۴۰۰۰
ید	۴۰۰
سلنیوم	۸۰
روی	۰

جدول۲- مواد خوراکی و ترکیب جیره پایه در دوره‌های مختلف پرورش

اجزای جیره	دوره آغازین (۱ تا ۱۴ روزگی)	دوره رشد (۱۵ تا ۲۴ روزگی)	دوره پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی)
ذرت	۵۸/۷۷	۵۹/۹۵	۶۵/۳۳
کنجاله سویا	۳۶/۶۲	۳۳/۶۲	۲۸/۳۱
روغن سویا	۱/۴۴	۲/۹۶	۲/۸۱
دی کلسیم فسفات	۱/۷۴	۱/۵۰	۱/۵۶
کربنات کلسیم	۱/۳۴	۱/۱۱	۱/۱۵
نمک	۰/۲	۰/۲	۰/۲۰
مکمل ویتامینی[1]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل معدنی[2]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
ال-لایزین	۰/۱۵	–	۰/۲
دی ال-متیونین	۰/۲۴	۰/۱۶	۰/۱۴
مواد مغذی محاسبه شده	[واحدها به جز انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم) بر حسب درصد است.]		
انرژی قابل سوخت و ساز	۲۹۰۴	۳۰۲۴	۳۰۷۲
پروتئین	۲۱/۱۲	۲۰/۱۶	۱۸/۲۸
کلسیم	۱/۰۰۸	۰/۸۶	۰/۸۷
فسفر قابل استفاده	۰/۴۸	۰/۴۳	۰/۴۳
لیزین	۱/۲۱	۱/۰۶	۰/۹۳
متیونین	۰/۵۶	۰/۴۷	۰/۴۲
متیونین+ سیستین	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۷۳
ترئونین	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۶۷

[1 و 2]: هر کیلوگرم مکمل ویتامینی تأمین‌کننده موارد زیر بود: ۳۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۰۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_3، ۹۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۱۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین K_3، ۹۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_1، ۵۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_3، ۱۵۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_5، ۱۵۰ میلی‌گرم ویتامین B_6، ۵۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_9، ۷/۵ میلی‌گرم ویتامین B_{12}، ۲۵۰۰۰۰ میلی‌گرم کولین و ۵۰۰ میلی‌گرم بیوتین.

در این تحقیق یک منبع آلی عنصر روی (روی- گلایسین) و یک منبع معدنی (سولفات روی) با سه سطح عنصر روی (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) در جیره استفاده شد. کمپلکس روی- گلایسین مورد استفاده در پژوهش حاضر حاصل انجام پژوهشی

دیگر در مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور بود. مقادیر عنصر روی در مکمل‌های مورد استفاده در جدول (۳) آورده شده است.

هفت تیمار آزمایشی مورد استفاده در این مطالعه شامل موارد ذیل بود:

۱- تیمار شاهد (جیره بدون مکمل عنصر روی)

۲- جیره شاهد + ۴۰ میلی‌گرم عنصر روی معدنی در کیلوگرم جیره (افزودن ۱۲۱/۵ گرم سولفات روی در تن خوراک)

۳- جیره شاهد + ۸۰ میلی‌گرم عنصر روی معدنی در کیلوگرم (افزودن ۲۴۳ گرم سولفات روی در تن خوراک)

۴- جیره شاهد + ۱۲۰ میلی‌گرم عنصر روی معدنی در کیلوگرم (افزودن ۳۶۴/۵ گرم سولفات روی در تن خوراک)

۵- جیره شاهد + ۴۰ میلی‌گرم عنصر روی آلی در کیلوگرم (افزودن ۲۳۵/۳ گرم روی- گلایسین در تن خوراک)

۶- جیره شاهد + ۸۰ میلی‌گرم عنصر روی آلی در کیلوگرم (افزودن ۴۷۰/۶ گرم روی- گلایسین در تن خوراک)

۷- جیره شاهد + ۱۲۰ میلی‌گرم عنصر روی آلی در کیلوگرم (افزودن ۷۰۶ گرم روی- گلایسین در تن خوراک)

جدول ۳- مقادیر عنصر روی موجود در مکمل‌ها

مکمل روی	مقدار عنصر روی (درصد)
سولفات روی	۳۳
کمپلکس روی- گلایسین	۱۷

صفات مورد بررسی

در پایان هر دوره هفت روزه، وزن‌کشی جوجه‌های هر تکرار به صورت گروهی و دو ساعت بعد از قطع مصرف خوراک، با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۱۰ ± گرم انجام شد. مقدار خوراک مصرفی هر تکرار به طور هفتگی اندازه‌گیری شد. محاسبه ضریب تبدیل خوراک در هر مقطع پرورش، از تقسیم مقدار خوراک مصرفی بر وزن پرنده در همان سن به دست آمد. برای محاسبه درصد تلفات در هر مرحله، تلفات جمع‌آوری و شمارش شد و از این داده‌ها برای به دست آوردن درصد ماندگاری استفاده شد. شاخص تولید که یک پارامتر مناسب جهت ارزیابی عملکرد جوجه‌های گوشتی با توجه به درصد ماندگاری، میانگین وزن پایان دوره، ضریب تبدیل خوراک و تعداد روزهای پرورش است، از رابطه زیر محاسبه شد. هر چه شاخص تولید عدد بزرگ‌تری را نشان دهد، عملکرد واحد بهتر خواهد بود.

$$\text{شاخص تولید} = \left(\frac{\text{میانگین وزن زنده (گرم)} \times \text{ماندگاری (درصد)}}{\text{ضریب تبدیل خوراک} \times \text{طول دوره (روز)}}\right) \times ۱۰۰$$

در پایان دوره آزمایش (۴۲ روزگی)، از هر تکرار دو پرنده (یک نر و یک ماده) با وزن نزدیک به میانگین انتخاب، توزین و برای اندازه‌گیری وزن نسبی اندام‌های داخلی و خارجی کشتار شدند. پس از کشتار، بازده لاشه و وزن نسبی ران، سینه و چربی حفره بطنی محاسبه گردید.

جهت تعیین عیار آنتی بادی تولید شده علیه گلبول قرمز گوسفندی[1] (SRBC)، سوسپانسیون گلبول قرمز گوسفندی ۵ درصد تهیه و در سن ۳۵ روزگی به ۲ قطعه پرنده (یک نر و یک ماده در هر واحد آزمایشی)، هر یک به میزان ۰/۵ میلی‌لیتر از طریق عضله سینه تزریق شد. پس از گذشت ۷ روز (۴۲ روزگی) نسبت به خون‌گیری و جداسازی سرم و تعیین عیار آنتی بادی علیه گلبول قرمز گوسفندی اقدام گردید (Van Der Zijpp و Leenstra، ۱۹۸۰). برای تعیین عیار آنتی بادی علیه نیوکاسل در سن ۳۵ روزگی نسبت به خون‌گیری از ورید بال (دو پرنده در هر پن) اقدام و سرم آن جدا شد. جهت تعیین عیار آنتی‌بادی علیه نیوکاسل از روش مهار هماگلوتیناسیون[2] استفاده شد (Marquardt و همکاران، ۱۹۸۴). به منظور شمارش گلبول‌های سفید، در پایان دوره پرورش از هر تکرار دو پرنده (یک مرغ و یک خروس) به طور تصادفی انتخاب و ۲ میلی‌لیتر خون از ورید بال گرفته شد. نمونه خون با ماده ضد انعقاد EDTA که قبل از نمونه‌گیری به میزان ۰/۲ میلی‌لیتر در سرنگ‌ها موجود بود، به آرامی مخلوط شد تا لخته ایجاد نشود. سپس نمونه داخل میکروتیوب ریخته شده و برای شمارش گلبول‌های سفید به آزمایشگاه ارسال شد (Peterson و همکاران، ۱۹۹۹).

[1] Sheep red blood cells

[2] hemagglutination inhibition

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۴)، به روش GLM انجام شده و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

برای بررسی اثرات منبع روی، سطوح روی و اثرات متقابل منبع و سطح از مدل آماری زیر استفاده شد.

$$X_{ij}=\mu+A_i+B_j+AB_{ij}+e_{ij}$$

X_{ij}= مقدار مشاهده شده، μ= میانگین جامعه، A_i= اثر منبع روی، B_j= اثر سطح روی، AB_{ij} = اثر متقابل منبع و سطح روی، e_{ij}= اشتباه آزمایشی.

برای مقایسه اثرات تیمارهای مختلف با تیمار شاهد از مدل کاملاً تصادفی استفاده شد.

$$X_{ij}=\mu+\delta_j+E_{ij}$$

X_{ij}= مقدار مشاهده شده، μ= میانگین جامعه، δ_j=اثر هر تیمار، E_{ij} = اثر خطای آزمایش.

نتایج و بحث

اثرات منبع روی و سطوح آن در بیشتر دوره پرورش (سنین ۷، ۱۴، ۲۱، ۳۵ و ۴۲) بر خوراک مصرفی معنی‌دار نبود (جدول ۴). همچنین مقایسه اثر تیمارهای مختلف با گروه شاهد نیز تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (P>۰/۰۵). کمبود عنصر روی منجر به کاهش اشتها و رشد می‌شود، اما مکانیزم بیوشیمیایی که نشان دهنده چگونگی این تأثیر باشد، ناشناخته است (Music و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج این آزمایش با مشاهدات Bartlett و Smith (۲۰۰۳) و Stahl و همکاران (۱۹۸۶) مطابقت داشت. آن‌ها گزارش کردند که افزودن روی به میزان ۱۰ یا ۲۰ درصد بیشتر از نیاز پرنده، تأثیر پایداری بر میزان خوراک مصرفی ندارد، هرچند عملکرد پرنده را اندکی بهبود می بخشد. از طرفی، Sandoval و همکاران (۱۹۹۸)، گزارش کردند که عدم پاسخ جوجه‌های گوشتی به افزایش سطح عنصر روی جیره با در نظر گرفتن مصرف خوراک، احتمالاً ناشی از افزایش سنتز متالوتیونین روده‌ای است که در تنظیم جذب عنصر روی و احتمالاً پاسخ به سطوح و منابع مختلف آن تأثیرگذار است. نتایج به دست آمده از این محققین با نتایج به دست آمده از آزمایش حاضر مطابقت داشت که احتمالاً دلیل آن نیاز بالای جوجه‌های صنعتی سویه راس به علت افزایش رشد و تولید می‌باشد.

اثر منبع روی بر وزن زنده (نمودار ۱) در سنین ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ روزگی معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). مقایسه گروه‌های آزمایشی با گروه شاهد (جدول ۵) نیز نشان داد، وزن بدن در تمام سنین مورد بررسی به طور معنی داری تحت تأثیر تیمار قرار گرفت (P<۰/۰۵). به طور کلی نتایج بدست آمده از آزمایش حاضر نشان داد که منبع معدنی روی باعث افزایش وزن بدن نسبت به فرم آلی و تیمار شاهد شد. یکی از دلایل اثرگذاری عنصر روی بر وزن بدن در سنین پایین، نیاز بیشتر پرندگان جوان به عنصر روی نسبت به پرندگان مسن است. عنصر روی با مشارکت در ساختار آنزیم‌ها از جمله آمینوپپتیداز و همچنین ایفای نقش به عنوان کوفاکتور، در بیوسنتز و متابولیسم پروتئین‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است (Gropper و همکاران، ۲۰۰۹).

کیلات‌ها اشکال آلی مواد معدنی هستند که ترکیب آن‌ها قبل از جذب مهم است. مکمل‌های کیلاتی به صورت باند شده با لیگاند تا قبل از عمل جذب محافظت شده و معمولاً سبب افزایش زیست فراهمی ماده معدنی می‌شوند (AAFCO، ۱۹۹۷). در حیوانات، جذب، هضم و استفاده از کیلات‌های آلی بهتر از اشکال غیر آلی مواد معدنی است، که این امر بیانگر این است که در جیره غذایی پرندگان می‌توان از غلظت‌های کمتری از فرم آلی عناصر در مقایسه با فرم معدنی آن‌ها استفاده نمود. در مطالعه‌ای که توسط Ao و همکاران (۲۰۰۹) بر روی جوجه‌های گوشتی انجام شد، استفاده از منابع آلی عنصر روی در مقایسه با سولفات روی سبب بهبود مصرف خوراک و افزایش وزن شد. علاوه‌براین، در حیوانات تغذیه شده با منابع کیلاتی مواد معدنی، دفع کمتر ماده معدنی از طریق مدفوع باعث کاهش آلودگی محیطی می‌شود.

اثر منبع روی بر ضریب تبدیل غذایی (نمودار ۲) در دوره‌های ۷-۰، ۱۴-۰ و ۲۱-۰ روزگی معنی‌دار بود (P<۰/۰۵)، اما اثر سطح روی بر ضریب تبدیل غذایی معنی‌دار نشد. مقایسه تیمارهای آزمایشی با شاهد نشان داد که در تمامی سنین، کمترین ضریب تبدیل خوراک مربوط به گروه دریافت کننده منبع معدنی روی

(۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود (جدول ۶). مطابق با نتایج حاضر، Bartlett و Smith (۲۰۰۳) و Sunder و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که سطوح افزایشی عنصر روی بر عملکرد و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی تأثیری نداشته است. یکی از دلایل یکسان بودن عملکرد سطوح مختلف روی، می‌تواند ناشی از اثر آنتاگونیستی عنصر روی بر کلسیم، فسفر، مس، آهن و سایر مواد مغذی باشد به طوری که افزایش سطح روی جیره، رقابتی برای جذب ایجاد می‌نماید، در نتیجه مواد ذکر شده کمتر در دسترس پرنده قرار می‌گیرد و کمبود آن‌ها، بهبود عملکرد مورد انتظار را به خطر می‌اندازد (Ao و همکاران، ۲۰۰۹).

برخی پژوهشگران گزارش کرده بودند که زیست فراهمی کمپلکس های آلی عنصر روی مانند روی- گلایسین بیشتر از مکمل‌های غیر آلی (سولفات روی) است (Spears و Kegley، ۲۰۰۲). از طرفی نتایج حاصل از مطالعه دیگری نشان داد که تفاوت استفاده از منابع آلی و سولفاتی عنصر روی بر فراسنجه‌های عملکردی معنی‌دار نبود (Sahin و همکاران، ۲۰۰۵). عدم تفاوت معنی‌دار در ضریب تبدیل خوراکی گروه‌های دریافت کننده عنصر روی آلی و معدنی در مقایسه با تیمار شاهد (در عین بهبود نسبی این شاخص در تیمارهای دارای روی معدنی) احتمالاً نشان دهنده آن است که عوامل متعددی همچون نوع و نحوه ترکیب لیگاند با اتم روی و واکنش‌های شیمیایی دخیل در هضم کیلات-های آلی بر زیست فراهمی این ترکیبات نقش حیاتی دارند (AAFCO، ۱۹۹۷؛ Gropper و همکاران، ۲۰۰۹).

جدول ٤- اثر تیمارهای مختلف بر خوراک مصرفی (گرم) در دوره‌های مختلف پرورش (روز)

تیمارها	دوره پرورش (روز)					
	۰-۷	۸-۱۴	۱۵-۲۱	۲۲-۲۸	۲۹-۳۵	۳۶-۴۲	۱-۴۲
شاهد (بدون افزودنی معدنی)	۱۳۵/۷۵	۳۲۶/۸۷	۷۲۰/۶۲	۷۴۶/۲۵	۱۱۴۸/۵۹	۱۱۹۳/۷۰	۴۰۱۷/۰۷
۴۰ mg/kg سولفات روی	۱۴۸/۸۰	۳۶۹/۳۸	۶۷۲/۴۳	۸۷۴/۶۰	۱۰۴۰/۱۶	۱۱۹۹/۹۴	۴۲۰۷/۰۶
۸۰ mg/kg سولفات روی	۱۳۵/۲۰	۳۵۰/۰۴	۶۴۸/۶۰	۷۷۹	۱۱۵۰/۳۳	۱۰۷۷/۸۲	۳۹۵۷/۵۲
۱۲۰ mg/kg سولفات روی	۱۲۹/۸۰	۳۲۷/۵۶	۵۲۳/۹۹	۷۰۷/۶۰	۱۱۲۲/۷۲	۱۱۴۶/۸۵	۳۸۳۵/۷۲
۴۰ mg/kg روی- گلایسین	۱۳۶/۲۵	۲۹۸/۶۲	۶۴۳/۳۹	۱۰۷۱/۷۵	۱۱۱۲/۳۵	۱۲۰۴/۲۲	۴۰۲۲/۵۹
۸۰ mg/kg روی- گلایسین	۱۴۸/۵۰	۳۱۶/۶۷	۵۴۷/۳۹	۷۷۲/۲۵	۱۰۵۴/۷۶	۱۱۴۴/۳۶	۳۹۹۲/۵۹
۱۲۰ mg/kg روی- گلایسین	۱۴۱/۵۰	۳۳۹/۵۷	۶۳۰/۵۲	۷۸۵	۱۰۹۱/۷۰	۱۱۵۴/۲۱	۴۱۹۵/۳۲
خطای استاندارد میانگین	۳/۰۵	۱۱/۰۷	۲۴/۱۸	۴۳/۰۴	۲۰/۳۲	۱۸/۸۱	۵۲/۰۷
معنی‌داری	۰/۴۸	۰/۷۳	۰/۴۵	۰/۲۸	۰/۶۳	۰/۴۶	۰/۰۹
اثر منبع	۰/۷۹	۰/۰۸	۰/۰۵۴	۰/۰۰۰۶	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۵۵
اثر سطح	۰/۱۴	۰/۷۶	۰/۲۲	۰/۳۴	۰/۱۲	۰/۳۵	۰/۵۹
اثرات متقابل	۰/۱۱	۰/۴۹	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۰۸	۰/۹	۰/۱۶

جدول ۵- اثر تیمارهای مختلف بر وزن بدن (گرم) در دوره‌های مختلف پرورش (روز)

تیمارها	وزن بدن (گرم)						
	۰	۷	۱۴	۲۱	۲۸	۳۵	۴۲
شاهد (بدون افزودنی معدنی)	۳۹/۲۵	۱۳۸/۵^{c}	۳۴۴/۷۵^{b}	۶۹۵/۶۵^{b}	۱۱۱۲/۵۰^{b}	۱۷۸۴/۳۷^{b}	۲۹۹۳/۷۵^{ab}
۴۰ mg/kg سولفات روی	۳۹	۱۶۸/۶^{a}	۴۱۵/۸۰^{a}	۸۶۲/۳۴^{a}	۱۳۴۴/۶۰^{a}	۱۹۶۷/۱۲^{a}	۲۳۶۷/۳۲^{a}
۸۰ mg/kg سولفات روی	۳۹/۲	۱۶۶/۸^{a}	۴۰۸/۲۰^{a}	۷۹۴/۰۳^{a}	۱۲۹۸/۶۰^{a}	۱۸۹۶/۹۶^{a}	۲۲۸۸/۸۳^{ab}
۱۲۰ mg/kg سولفات روی	۳۹	۱۶۵/۸^{a}	۴۲۳/۴۰^{a}	۸۴۳/۷۴^{a}	۱۳۳۴/۶۰^{a}	۱۹۴۳/۴۹^{a}	۲۳۶۴/۵۹^{ab}
۴۰ mg/kg روی- گلایسین	۳۹	۱۴۶/۲^{bc}	۳۱۶/۴۰^{b}	۶۴۳/۲۸^{b}	۱۱۳۶/۲۰^{b}	۱۷۲۱/۹۲^{b}	۲۲۱۸/۳۰^{ab}
۸۰ mg/kg روی- گلایسین	۳۸/۶۶	۱۴۷/۳۳^{bc}	۳۳۱/۳۳^{b}	۶۸۶/۰۹^{b}	۱۱۴۰^{b}	۱۷۶۳/۳۳^{b}	۲۲۰۲/۵۰^{ab}
۱۲۰ mg/kg روی- گلایسین	۳۹/۲۵	۱۵۰/۲۵^{c}	۳۲۵/۷۵^{b}	۶۸۲/۵۸^{b}	۱۱۵۵/۲۵^{b}	۱۷۴۷/۵۰^{b}	۲۱۸۷/۹۸^{b}
خطای استاندارد	۰/۸۱	۲/۳۴	۹/۴۴	۱۷/۹۹	۱۹/۱۲	۲۱/۳۱	۲۱/۸۷
معنی‌داری	۰/۹۷	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۱۱
اثر منبع	۰/۷۷	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵
اثر سطح	۰/۸۹	۰/۹۵	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۵۱	۰/۸۹	۰/۶۹
اثرات متقابل	۰/۶۲	۰/۵۶	۰/۳۶	۰/۰۷	۰/۵۴	۰/۳۱	۰/۷۲

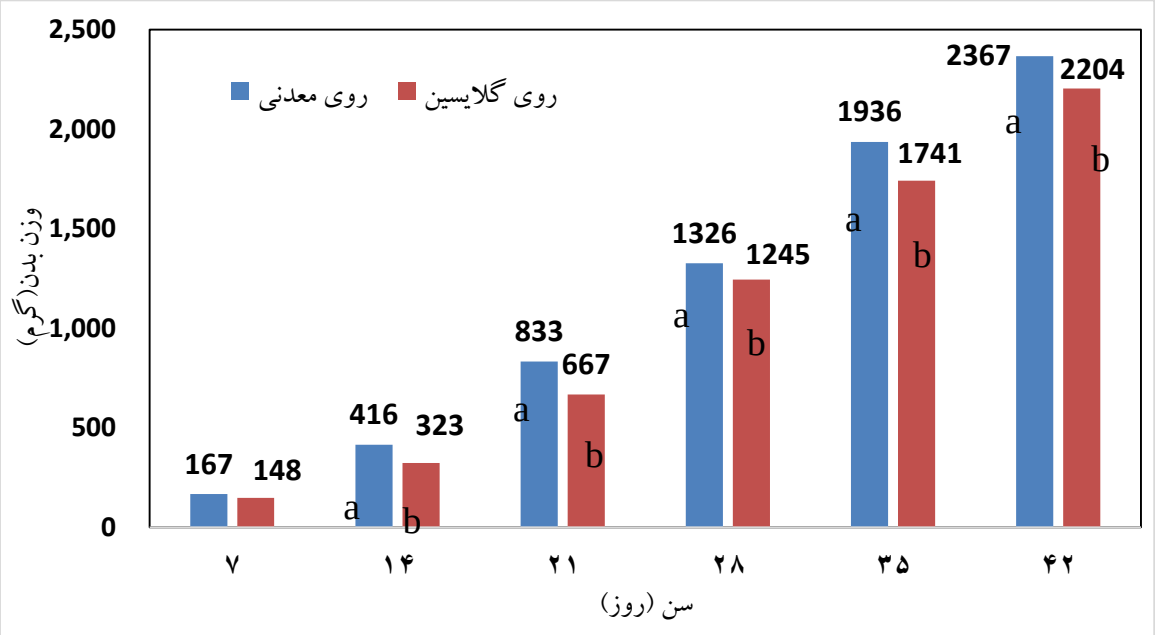
حروف متفاوت در هر ستون نشانه‌ی اختلاف معنی‌دار آماری است (P<۰/۰۵).

جدول ٦- اثر تیمارهای مختلف بر ضریب تبدیل غذایی در دوره‌های مختلف پرورش(روز)

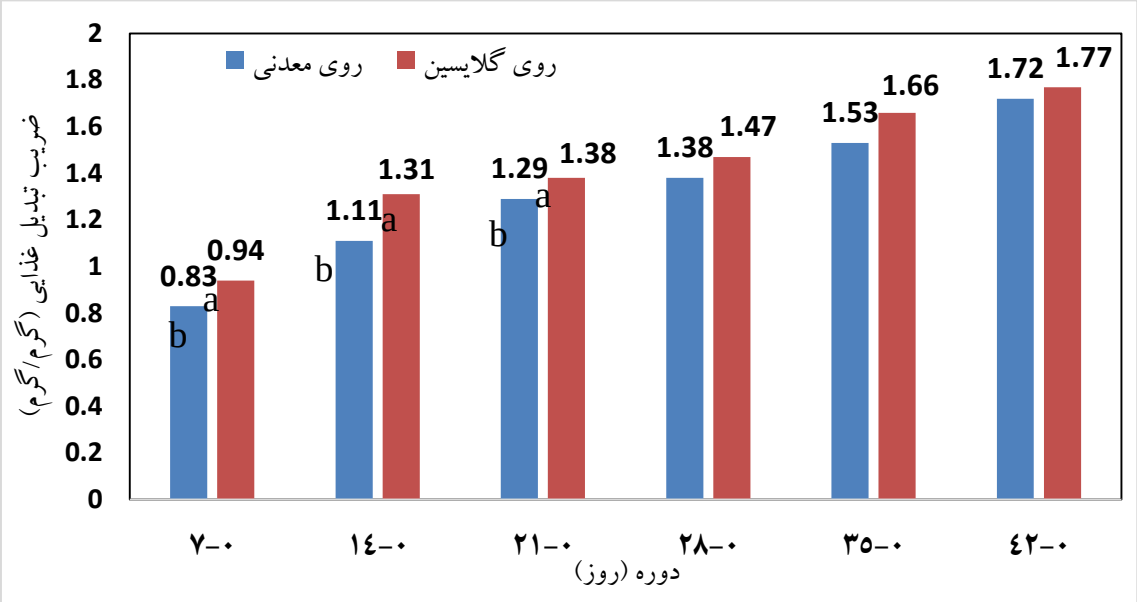
تیمارها	دوره پرورش (روز)					
	۰-۷	۰-۱۴	۰-۲۱	۰-۲۸	۰-۳۵	۰-۴۲
شاهد (بدون افزودنی معدنی)	۰/۹۷۸^{a}	۱/۲۷	۱/۶۲۱	۱/۵۴	۱/۶۰	۱/۷۵
۴۰ mg/kg سولفات روی	۰/۸۸۶^{ab}	۱/۱۵	۱/۲۸۴	۱/۴۵	۱/۵۲	۱/۷۸
۸۰ mg/kg سولفات روی	۰/۸۰۹^{b}	۱/۱۳	۱/۴۰۷	۱/۳۶	۱/۵۰	۱/۷۳
۱۲۰ mg/kg سولفات روی	۰/۷۸۵^{b}	۱/۰۵	۱/۱۹	۱/۳۵	۱/۴۸	۱/۶۳
۴۰ mg/kg روی- گلایسین	۰/۸۱۰^{b}	۱/۰۵	۱/۲۶	۱/۵۹	۱/۵۳	۱/۷۶
۸۰ mg/kg روی- گلایسین	۰/۸۸۸^{ab}	۱/۱۰	۱/۱۵	۱/۴۲	۱/۴۹	۱/۸۷
۱۲۰ mg/kg روی- گلایسین	۰/۹۶۸^{a}	۱/۲۱	۱/۳۷	۱/۴۳	۱/۵۲	۱/۷۶
خطای استاندارد میانگین	۰/۰۲	۰/۰۲۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳
معنی‌داری	۰/۰۲	۰/۹۳	۰/۷۴	۰/۱۳	۰/۸۳	۰/۵۷
اثر منبع	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۰۵
اثر سطح	۰/۱۳	۰/۵۵	۰/۶۰	۰/۲۹	۰/۴۲	۰/۹۳
اثرات متقابل	۰/۲۲	۰/۵۸	۰/۰۶	۰/۸۵	۰/۶۱	۰/۲۴

حروف متفاوت در هر ستون نشانه‌ی اختلاف معنی‌دار آماری است (P<۰/۰۵).

نمودار ۱- مقایسه اثرات نوع منبع روی بر وزن بدن در سنین مختلف



نمودار ۲- مقایسه اثرات نوع منبع روی بر ضریب تبدیل غذایی در سنین مختلف



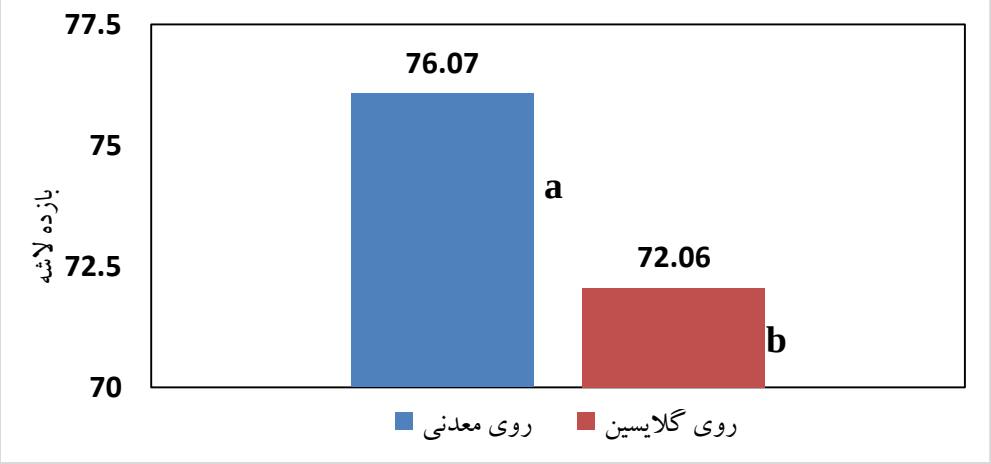
اثر تیمارهای آزمایشی بر بازده لاشه، وزن نسبی سینه، ران، پشت و چربی بطنی در جدول ۷ آمده است. نتایج حاصل از ایـن آزمـایش نشان داد اثر منبع روی بـر بـازده لاشـه (نمـودار ۳) معنـی‌دار بـوده (P<۰/۰۵)، ولی بر دیگر شاخص‌ها معنی‌دار نبود. تفـاوت درصـد لاشه، ران، پشت و چربی بطنـی بـین تیمارهـای آزمایشـی و شـاهد معنی‌دار نبود. درصد سینه هنگام اسـتفاده از سـطوح مختلـف روی معدنی به طور معنی‌داری بیشتر از گروه دریافت کننده ۱۲۰ میلـی-گرم روی آلی بود (P<۰/۰۵)؛ هر چند که با نتایج به دست آمـده در گروه‌های دریافت کننده ۴۰ و ۸۰ میلی‌گـرم روی آلـی تفـاوت معنی‌داری نداشت. شکل بدن و بازده گوشـت سـینه از جنبـه‌هـای مهم در کیفیـت گوشـت مـرغ بـوده و عناصـر معـدنی ضـروری از شاخص‌های عمده مؤثر بر اجزای گوشت مرغ به شمار می‌روند، به نحوی که چربی بطنی و سایر فراسنجه‌هـای مـرتبط بـا بـازده لاشـه تحت تأثیر سطح این مـواد در خـون قـرار مـی‌گیـرد. از میـان ایـن عناصر، روی نقـش مهمـی در سـاختار متـالوپروتئین‌هـایی از قبیـل انسولین و هورمون رشد دارد. این دو از هورمون‌هـای آنابولیسـمی هستند که منجر به بهبود عملکـرد پرنـده مـی‌شـود. از علائـم اولیـه کمبود روی در جوجه‌های گوشتی با سرعت رشد بالا تـأثیر منفـی بر متابولیسم پـروتئین اسـت (Swinkels و همکـاران، ۱۹۹۴). بـر خلاف نتایج بدست آمده از این آزمایش، Jahanian و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند جایگزینی کامل یا بخشی از منابع غیر آلی روی با کمپلکس روی آلی، بازده لاشه را افزایش و میـزان چربـی محوطه بطنی را کاهش داد. بهبود بازده گوشت سینه بـا اسـتفاده از منـابع آلـی مـواد معـدنی پـیش از ایـن توسـط Zhao و همکـاران (۲۰۱۰) نیز گزارش شده است.

جدول ۷ – وزن نسبی اجزای مختلف لاشه (درصد) در سن ۴۲ روزگی

تیمارها	بازده لاشه	ران	سینه	پشت	چربی بطنی
شاهد (بدون افزودنی معدنی)	۷۴/۹۰	۲۱/۴۴	۲۶/۰۶^{ab}	۲۵/۷۹	۱/۷۹
۴۰ mg/kg سولفات روی	۷۸/۰۲	۲۲/۱۹	۲۸/۳۸^{a}	۲۷/۹۷	۱/۹۴
۸۰ mg/kg سولفات روی	۷۵/۰۷	۲۰/۷۵	۲۷/۴۷^{a}	۲۵/۶۱	۱/۵۴
۱۲۰ mg/kg سولفات روی	۷۵/۳۶	۲۱/۹۹	۲۷/۲۳^{a}	۲۶/۱۷	۱/۴۶
۴۰ mg/kg روی- گلایسین	۷۳/۸۶	۲۰/۷۷	۲۶/۳۲^{ab}	۲۵/۵۷	۱/۹۳
۸۰ mg/kg روی- گلایسین	۷۳/۱۶	۲۰/۲۲	۲۶/۱۹^{ab}	۲۵/۲۴	۱/۴۹
۱۲۰ mg/kg روی- گلایسین	۷۰/۸۰	۲۰/۲۲	۲۴/۱۸^{b}	۲۵/۵۷	۱/۶۴
خطای استاندارد میانگین	۰/۶۰	۰/۲۳	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۰۸
معنی‌داری	۰/۰۵۲	۰/۱۶	۰/۰۳	۰/۳۸	۰/۶۰
اثر منبع	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۵۷	۰/۱۰
اثر سطح	۰/۰۷	۰/۲۶	۰/۱۱	۰/۱۸	۰/۳۶
اثرات متقابل	۰/۵۴	۰/۴۸	۰/۵۹	۰/۰۷	۰/۳۶

حروف متفاوت در هر ستون نشانه‌ی اختلاف معنی‌دار آماری است (P<۰/۰۵).

نمودار ۳- مقایسه اثر نوع منبع روی بر بازده لاشه در سن ۴۲ روزگی



اثر تیمارهای آزمایشی بر پاسخ‌های ایمنی هومورال و شمارش تفریقی گلبول‌های سفید در جدول ۸ آمده است. درصد هتروفیل، لنفوسیت و نسبت هتروفیل به لنفوسیت، همچنین عیار پادتن در پاسخ به تزریق گلبول قرمز گوسفندی و واکسیناسیون علیه ویروس بیماری نیوکاسل تحت تأثیر سطح و منبع عنصر روی جیره قرار نگرفت (P>۰/۰۵). عنصر روی از طریق شرکت در ساختار پروتئین کیناز C سیتوزولی در انتقال سیگنال در لنفوسیت‌ها نقش دارد. این عنصر همچنین با تأثیر بر لنفوکین‌ها (مانند اینترلوکین-۲) باعث تکثیر لنفوسیت‌ها شده و نقش مهمی در توسعه و نگهداری سیستم ایمنی دارد (Dardenne و Bach، ۱۹۸۷). تولید بالاتر اینترلوکین-۲ در جوجه‌های تغذیه شده با مکمل عنصر روی شاهدی برای اثرات مثبت این مکمل بر نسبت هتروفیل به لنفوسیت به ویژه در شرایط تنش محیطی است (Sahin و همکاران، ۲۰۰۹). در آزمایش حاضر عدم تأثیر تیمارهای آزمایشی بر درصد هتروفیل، لنفوسیت و نسبت هتروفیل به لنفوسیت می‌تواند ناشی از شرایط آسایش دمایی و رعایت مسائل مدیریتی در دوره پرورش باشد که با یافته های Donmez و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت داشت. عنصر روی یک کوفاکتور ضروری برای فعالیت تیمولین است و از طریق زنجیره‌های جانبی آسپارژین و گروه‌های هیدروکسیل به تیمولین باند می‌شود. تیمولین هورمونی تیموسی است که به گیرنده‌های سطح لنفوسیت‌های T چسبیده و باعث بلوغ و فعالیت لنفوسیت‌های T می‌شود. باند شدن عنصر روی منجر به یک تغییر ساختاری می‌شود که فرم فعال تیمولین را تشکیل می‌دهد (Dardenne و Bach، ۱۹۸۷). از این جهت تغییر سطح و نوع عنصر روی موجود در جیره ممکن است افزایش فعالیت تیمولین و به دنبال آن بلوغ و فعالیت مطلوب لنفوسیت‌های T را داشته باشد که نتیجه این امر بالا رفتن تیتر آنتی بادی و بهبود پاسخ‌های ایمنی خواهد بود (Prasad و Kucuk، ۲۰۰۲؛ Hudson و همکاران، ۲۰۰۵). بنا به گزارش Bartlett و Smith (۲۰۰۳)، تکمیل جیره پایه جوجه‌های گوشتی با فرم آلی عنصر روی، منجر به بهبود معنی‌دار پاسخ‌های اولیه و ثانویه آنتی-بادی علیه بیماری نیوکاسل شد. از سوی دیگر برخی از محققان گزارش کردند که استفاده از منابع مختلف روی در جیره اثری برای سیستم ایمنی نداشته است (Stahl و همکاران، ۱۹۸۶؛ Pimentel و همکاران، ۱۹۹۱). تفاوت نتایج به دست آمده در این آزمایش با برخی گزارش‌های قبلی ممکن است به دلیل تفاوت در ترکیب شیمیایی منابع روی به کار رفته و زیست فراهمی آن‌ها برای طیور باشد که باید در پژوهش‌های آتی مد نظر قرار گیرد.

جدول ۸ - اثر تیمارهای آزمایشی بر پاسخ‌های ایمنی و شمارش تفریقی گلبول‌های سفید جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

تیمارها	پاسخ به گلبول قرمز گوسفندی (log_2)	تیتر IgG (log_2)	تیتر IgM (log_2)	تیتر نیوکاسل (log_2)	هتروفیل (درصد)	لنفوسیت (درصد)	نسبت هتروفیل به لنفوسیت
شاهد (بدون افزودنی معدنی)	۴	۴/۲۵	۰/۲۵	۵	۱۷	۸۳	۰/۲۰
۴۰ mg/kg سولفات روی	۴	۴/۴	۰/۸	۵	۱۷/۶	۸۲/۴	۰/۲۱
۸۰ mg/kg سولفات روی	۳/۴	۴/۲	۰/۸	۳/۴	۱۵	۸۵	۰/۱۷
۱۲۰ mg/kg سولفات روی	۳/۸	۴/۲	۰/۴	۵/۴	۱۶/۶	۸۳/۴	۰/۲۰
۴۰ mg/kg روی- گلایسین	۳/۷۵	۵/۵	۱/۷۵	۳/۵	۱۷/۷۵	۸۲/۲۵	۰/۲۱
۸۰ mg/kg روی- گلایسین	۴/۶۶	۴/۳۳	۱	۴/۳۳	۲۰	۸۰	۰/۲۵
۱۲۰ mg/kg روی- گلایسین	۴/۴	۳/۸	۰/۶	۴/۴	۱۲/۸۳	۸۴	۰/۱۹
خطای استاندارد میانگین	۲/۳۵	۱/۰۶	۰/۵۱	۲/۵۷	۰/۸۰	۰/۶۱	۰/۰۰۹
معنی‌داری	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۴۱	۰/۱۵	۰/۵۹	۰/۵۶
اثر منبع	۰/۵۶	۰/۶۹	۰/۱۱	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۸
اثر سطح	۰/۷۴	۰/۱۴	۰/۳۹	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۶
اثرات متقابل	۰/۲۳	۰/۲۶	۰/۶۹	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۳

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از فرم آلی عنصر روی (روی- گلایسین) تولید شده در موسسه تحقیقات علوم دامی کشور در مقایسه با فرم معدنی آن نتوانست شاخص‌های عملکرد، خصوصیات لاشه و پاسخ‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی را بهبود بخشد و باید تحقیقات بیشتری در زمینه نحوه عمل و بهبود کارایی و زیست فراهمی این محصول صورت گیرد.

منابع

زالی، ابوالفضل. (۱۳۸۶). مطالعه تأثیر مکمل معدنی و آلی روی بر تولید و ترکیبات شیر، توان پرواری، کیفیت و کمیت پشم گوسفندان زندی (ورامینی). پایان نامه دکتری، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

AAFCO. (1997). Official Publication, Association of American Feed Control Officials. Atlanta. pp. 542-560.

Ao, T., Pierce, J.L., Power, R., Pescatore, A.J., Cantor, A.H., Dawson, K.A., and Ford, M.J. (2009). Effects of feeding different forms of zinc and copper on the performance and tissue mineral content of chicks. *Poult. Sci.* 88(10): 2171-2175.

Bartlett, J.R., and Smith, M.O. (2003). Effects of different levels of zinc on the performance and immunocompetence of broilers under heat stress. *Poult. Sci.* 82(10): 1580-1588.

Dardenne, M., and Bach, J.F. (1987). Thymulin: biochemistry, biology and therapeutical applications. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz.* 82 (Suppl. II): 1-8.

Donmez, N., Donmez, H.H., Keskin, E., and Celik, I. (2002). Effects of zinc supplementation to ration on some hematological parameters in broiler chicks. *Bio. Trace Element Res.,* 87(1): 125-131.

Dowd, P.S., Kelleher, J., and Guillou, P.J. (1986). T-lymphocyte subsets and interleukin-2 production in zinc-deficient rats. *Br. J. Nutr.* 55(1): 59-69.

Gropper, S.A.S., Smith, J.L., and Groff, J.L. (2009). Advanced nutrition and human metabolism. 6th Edition. Australia: Wadsworth/Cengage Learning. pp. 427-450.

Hudson, B.P., Dozier III, W.A., and Wilson, J.L. (2005). Broiler live performance response to dietary zinc source and the influence of zinc supplementation in broiler breeder diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 118(3-4): 329-335.

Jahanian, R., Moghaddam, H.N., and Rezaei, A. (2008). Improved broiler chick performance by dietary supplementation of organic zinc sources. *Asian-Australian J. of Anim. Sci.* 21(9): 1348-1354.

Johnston, S.L., and Southern, L.L. (2000). The effect of varying mix uniformity (simulated) of phytase on growth performance, mineral retention, and bone mineralization in chicks. *Poult. Sci.* 79(10): 1485-1490.

Kidd, M.T., Anthony, N.B., Newberry, L.A., and Lee, S.R. (1992). Effect of supplemental zinc in either a corn-soybean or a milo and corn-soybean meal diet on the performance of young broiler breeders and their progeny. *Poult. Sci.* 72:1492-1499.

Marquardt, W.W., Synder, D.B., Savage, P.K., Kdavil, S.K. and Yancey, F.S. (1984). Antibody response to Newcastle disease virus given by two different routes as measured by ELISA and Hemagglutination-Inhibition test and associated tracheal immunity. *Avian Diseases.* 29(1): 71-79.

Mohammadi, V., Ghazanfari, S., Mohammadi-Sangcheshmeh, A., and Nazaran M.H. (2015). Comparative effects of zinc-nano complexes, zinc-sulphate and zinc-methionine on performance in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 56(4): 486-493.

Mohanna, C., and Nys, Y. (2010). Effect of dietary zinc content and sources on the growth, body zinc deposition and retention, zinc excretion and immune response in chickens. *Br. Poult. Sci.* 40(1): 108-114.

Music, S., Dragcevic, D., and Popovic, S. (2007). Influence of synthesis route on the formation of ZnO particles and their morphologies. *J. of Alloys and Compounds.* 429(1): 242-249.

Peterson, A.L., Qureshi, M.A., Ferket P.R., and Fuller, J.C. Jr. (1999). Enhancement of cellular and humoral immunity in young broilers by the dietary supplementation of β-hydroxy- β-methylbutyrate. *Immunopharmacology and immunotoxicology*. 21(2):307-330.

Pimentel, J.L., Cook, M.E., and Greger, J.L. (1991). Immune response of chicks fed various levels of zinc. *Poult. Sci.* 70: 947-954.

Prasad, A.S., and Kucuk, O. (2002). Zinc in cancer prevention. *Cancer Metastasis Review*, 21: 291-295.

Sahin, K., Sahin, N., Kucuk, O., Hayirli, A., and Prasad, A.S. (2009). Role of dietary zinc in heat-stressed poultry: A review. *Poult. Sci.* 88(10): 2176-2183.

Sahin, K., Smith, M.O., Onderci, M., Sahin, N., Gursu, M.F., and Kucuk, O. 2005. Supplementation of zinc from organic or inorganic source improves performance and antioxidant status of heat-distressed quail. *Poult. Sci.* 84(6): 882-887.

Salama, A.A., Caja, G., Albanell, E., Such, X., Casals, R., and Plaixats, J. (2003). Effects of dietary supplements of zinc-methionine on milk production, udder health and zinc metabolism in dairy goats. *J. of Dairy Res.* 70(1): 9-17.

Sandoval, M., Henry, P.R., Luo, X.G., Littell, R.C., Miles, R.D., and Ammerman, C.B. (1998). Performance and tissue zinc and metallothionein accumulation in chicks fed a high dietary level of zinc. *Poult. Sci.* 77(9): 1354-1363.

SAS Institute (2004) SAS user's guide. SAS Institute Inc. Cary. North Carolina.

Sherman, A. R. (1992). Zinc, copper and iron nutrition and immunity. *J. Nutr.* 122: 604-609.

Spears, J.W., and Kegley, E. (2002). Effect of zinc source (zinc oxide vs zinc proteinat) and level on performance, carcass characteristics, and immune response of growing and finishing strees. *J. Anim Sci.* 80(10): 2747-2753.

Stahl, J.L., Cook, M.E., and Sunde, M.L. (1986). Zinc supplementation: its effect on egg production, feed conversion, fertility, and hatchability. *Poult. Sci.* 65(11): 2104-2109.

Sunder, G.S., Kumar, C.V., Panda, A.K., Raju. M.V.L.N., and Rao, S.V.R. (2013). Effect of supplemental organic Zn and Mn on broiler performance, bone measures, tissue mineral uptake and immune response at 35 days of age. *Current Res. in Poult. Sci.* 3(1): 1-11.

Sunder, G.S., Panda, A.K., Gopinath, N.C.S., Rao, S.V.R., Raju, M.V.L.N., Reddy, M.R., and Kumar, C.V. (2008). Effects of higher levels of Zinc supplementation on prformance, mineral availability, and immune competence in broiler chickens. *J. Appl. Poult. Res.* 17(1): 79-86.

Swinkels, J.W., Kornegay, E.T., and Verstegen, M.W. (1994). Biology of zinc and biological value of dietary organic zinc complexes and chelates. *Nutr. Res. Rev.* 7(1): 129- 149.

Van Der Zijpp, A.J. and Leenstra, F.R. (1980). Genetic analysis of the humoral immune response of White Leghorn chicks. *Poult. Sci.* 59(7): 1363-1369.

Wedekind, K., Hortin, A., and Baker, D. (1992). Methodology for assessing zinc bioavailability: efficacy estimates for zinc-methionine, zinc sulfate, and zinc oxide. *J. Anim. Sci.* 70(1): 178-187.

Zhao, J., Shirley, R.B., Vazquez-Anon, M., Dibner, J.J., Richards, J.D., Fisher, P., Hampton, T., Christensen, K.D., Allard, J.P., and Giesen, A.F. (2010). Effects of chelated trace minerals on growth performance, breast meat yield, and footpad health in commercial meat broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 19:365-372.